ERIODICAL Madagascar. L'Inst. Scient. Mémoire. Série F. Océanog.
V.3
V.3

TOME III

MÉMOIRES

DE

L'INSTITUT SCIENTIFIQUE

DE

MADAGASCAR

LIBRARY
JAN 12 1962
FISH & WILDLIFE SERVICE

1959

SÉRIE F. OCÉANOGRAPHIE

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE OUTRE-MER
HAUTE REPRESENTATION DE LA REPUBLIQUE FRANÇAISE
AUPRES DE LA REPUBLIQUE MALGACHE

MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Les *Mémoires de l'Institut scientifique de Madagascar* paraissent sans périodicité fixe, à raison d'au moins un volume de 300 pages par an. Les travaux publiés sont groupés en six séries :

A. Biologie animale.
B. Biologie végétale.
C. Sciences humaines.
D. Sciences de la terre.
E. Entomologie.
F. Océanographie.

La Direction de l'Institut de Recherche scientifique est disposée à envisager l'échange de ses *Mémoires* avec tous les périodiques intéressant la Bibliothèque de l'Institut. L'abonnement est fixé à 4.000 francs français par volume, plus les frais de port pour l'Etranger.

La correspondance, les demandes d'échange et d'abonnement, les manuscrits, doivent être adressés, soit :

— au Professeur J. Millot, du Muséum National d'Histoire Naturelle, Directeur de l'Institut de Recherche scientifique de Tananarive, Directeur-Fondateur des *Mémoires*, 55, rue de Buffon, Paris V^{e} (d'où on fera suivre à Madagascar) ; soit :

— à M. R. Paulian, Directeur-adjoint de l'Institut de Recherche scientifique de Tananarive, Secrétaire général des *Mémoires*, à Tananarive-Tsimbazaza (Madagascar).

La Direction des *Mémoires* laisse aux auteurs l'entière responsabilité des faits avancés et, éventuellement, de certaines particularités de leur style.

Toute reproduction, même partielle, est strictement interdite sans autorisation.

TOME III

MÉMOIRES

DE

L'INSTITUT SCIENTIFIQUE

DE

MADAGASCAR

1959

SÉRIE F. OCÉANOGRAPHIE

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/memoires-de-linstitut-scientifique-de-madagascar-serie-f_1959

TOME III SÉRIE F

MÉMOIRES

DE

L'INSTITUT SCIENTIFIQUE

DE

MADAGASCAR

TABLE DES MATIÈRES DU TOME III

BARNARD (K. H.). — Isopoda parasitic on Madagascar Fish (2 fig.)..... 93

BATTISTINI (R.). — Description géomorphologique de Nosy-Bé, du Delta du Sambirano et de la Baie d'Ampasindava (Pl. I à XXI, 89 fig.). 121

CRESSEY (R. F.), cf. HUMES (A. G) et CRESSEY (R. F.).

GUINOT-DUMORTIER (D.). — Les espèces indopacifiques du genre *Globopilumnus* (CRUSTACEA BRACHYURA XANTHIDAE) (14 fig.)..... 97

HUMES (A. G.) et CRESSEY (R. F.). — Copépodes Taeniacanthides parasites d'un Oursin à Madagascar (78 fig.). 1

HUMES (A. G.) et CRESSEY (R. F.). — Copépodes Cyclopoïdes du genre *Preherrmannella* parasites d'Holothuries et d'un Oursin à Madagascar (157 fig.)..... 25

HUMES (A. G.) et CRESSEY (R. F.). — Deux nouvelles espèces de *Pseudanthessius* (COPEPODA CYCLOPOÏDA) parasites des Oursins à Madagascar (56 fig.) 67

HUMES (A. G.) et CRESSEY (R. F.). — *Lichomolgus oreastriphilus* (Kossmann) Copépode Cyclopoïde parasite des Etoiles de Mer à Madagascar (31 fig.)..... 83

NOUVEAUX GENRES, ESPÈCES ET FORMES DÉCRITS DANS CE VOLUME

CRUSTACEA

Copepoda

Echinirus Humes et Cressey, n. g. (Taeniacanthidae) 17
Echinirus laxatus Humes et Cressey 17
Echinosocius Humes et Cressey, n. g. (Taeniacanthidae) 1
Echinosocius dentatus Humes et Cressey 11
Echinosocius pectinatus Humes et Cressey 3
Preherrmannella campanulipes Humes et Cressey 45
Preherrmannella idonea Humes et Cressey 26
Preherrmannella modesta Humes et Cressey 39
Preherrmannella poculifera Humes et Cressey 57
Preherrmannella subgrandis Humes et Cressey 53
Preherrmannella subtilis Humes et Cressey 49
Preherrmannella tuberata Humes et Cressey 34
Pseudanthessius luculentus Humes et Cressey 75
Pseudanthessius notabilis Humes et Cressey 67

Isopoda

Aega chelipous Barnard 93

MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Série F. — Tome III. — 1959

COPEPODES TAENIACANTHIDES PARASITES D'UN OURSIN A MADAGASCAR

par

Arthur G. HUMES et Roger F. CRESSEY (*)

Les genres de Taeniacanthides connus jusqu'à présent sont parasites de Poissons. Les Copépodes Taeniacanthides qui appartiennent aux deux nouveaux genres décrits ci-dessous ont été trouvés sur la surface du corps de 71 Oursins, *Diadema setosum* (Leske), par une profondeur de 1-2 mètres en face de la Station Océanographique, Nossi-Bé, Madagascar, le 14 juin 1955. Pour recueillir les Copépodes on mettait les Oursins dans l'eau de mer avec 5 pour cent d'alcool pendant une heure. Après un rinçage doux, on enlevait les Oursins et on trouvait les Copépodes, un grand nombre d'eux encore vivants mais anesthésiés, dans le sédiment.

Nous désirons exprimer nos remerciements à R. Paulian, Directeur-adjoint de l'I.R.S.M., et à P. Fourmanoir, de la Station Océanographique de Nossi-Bé, pour leur assistance. Nous remercions aussi G. Cherbonnier, du Muséum de Paris, qui a déterminé l'oursin.

Cette étude a été aidée par des bourses de la Fondation Guggenheim et de la Fondation Nationale de Science des Etats-Unis.

Echinosocius n. gen.

Corps allongé, taeniacanthiforme. Tête et segment portant les premières pattes réunis. Angles postérieurs de la tête faisant de petites saillies. Première antenne et première paire de pattes formant, avec les bords de la tête, une sorte de disque d'attachement. Segment génital pas renflé, avec les sacs ovigères attachés dorso-latéralement. Abdomen 3-segmenté, dans les deux sexes. Sacs ovigères avec des œufs nombreux.

(*) Department of Biology, Boston University, Boston, Mass., U.S.A.

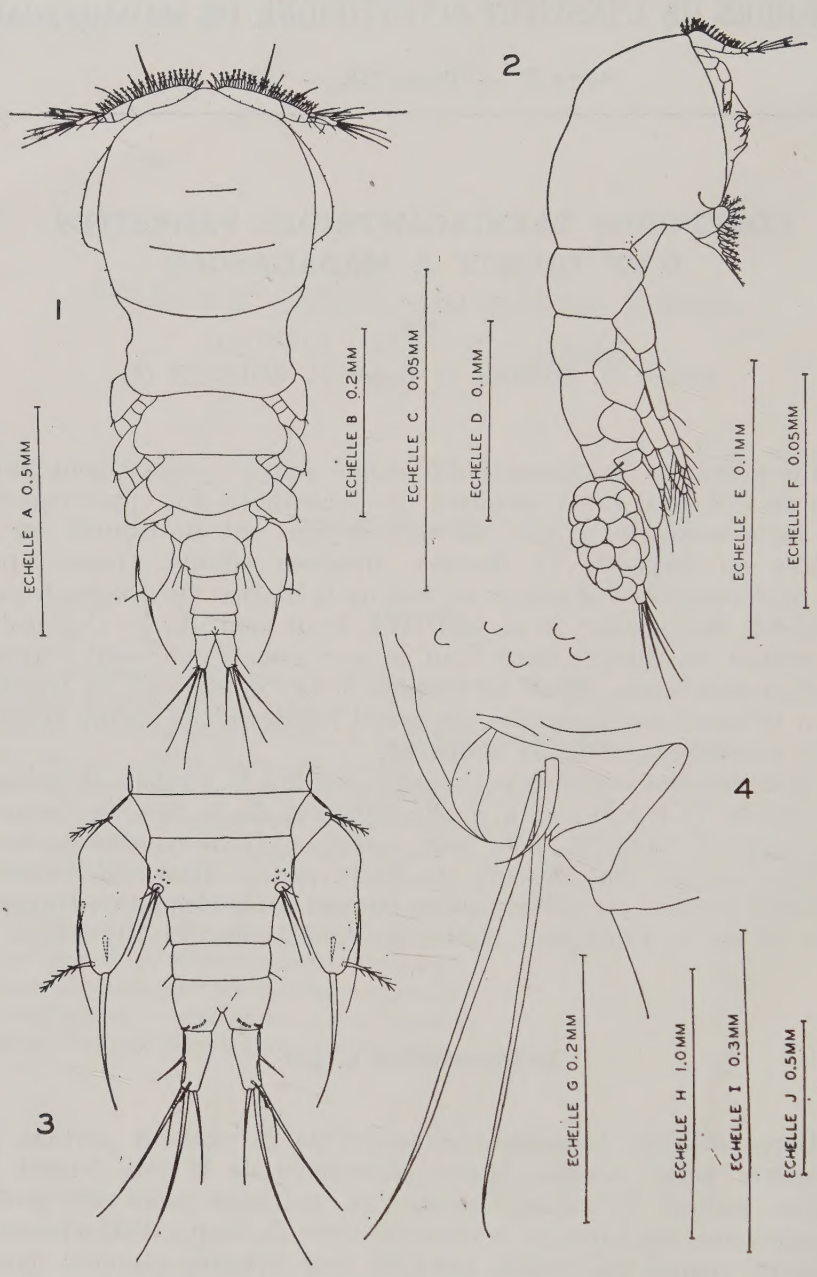


Fig. 1 à 4. — *Echinosocius pectinatus* n. sp. femelle. — 1, Vue dorsale (A). 2, Vue latérale (A). 3, Segment génital et abdomen, dorsal (B). 4, Région d'attachement d'un sac ovigère (C) (*).

(*) Toutes les figures ont été dessinées à la chambre claire. La lettre après l'explication de chaque figure précise l'échelle à laquelle elle a été dessinée.

Rostre pas développé. Première antenne 4-articulée (mais avec l'indication d'un cinquième article), le premier article environ aussi long que les trois autres ensemble et portant des soies plumeuses basalement élargies. Deuxième antenne 3-articulée, le dernier article avec un bord interne épineux et à son apex une épine pectinée ou dentelée, trois épines nues, une d'elles unguiforme, et quelques soies. Labre avec sa marge postérieure entière. Mandibule d'un seul article avec deux épines terminales. Paragnathe en lobe arrondi avec un très petit prolongement spiniforme et une rangée de poils. Première maxille en lobe irrégulier avec quatre soies et un petit processus antérieur lamelliforme. Deuxième maxille de deux articles, le dernier avec deux épines à son apex. Maxillipède de la femelle en renflement piriforme portant deux petites soies. Crochets maxillaires présents. Maxillipède du mâle 4-articulé, le bord interne du deuxième article diversement armé d'épines, le dernier article unguiforme et annelé à son apex.

Première patte modifiée, avec les rames 2-articulées. Deuxième, troisième, et quatrième pattes avec les rames 3-articulées, et avec un dimorphisme sexuel dans leur armature. Cinquième patte 2-articulée, le premier article court avec une seule soie, le deuxième allongé avec quatre soies marquantes et montrant un dimorphisme sexuel dans la forme des soies. Sixième patte absente.

Rame caudale plus longue que large, avec six soies, quelques-unes d'entre elles montrant un dimorphisme sexuel distinct.

Coloration rougeâtre, violette ou transparente, l'œil rouge.

Type. — *Echinosocius pectinatus* n. sp.

(Le nom générique se forme d'*echinus*, oursin, et *socius*, compagnon.)

Echinosocius pectinatus n. sp.

Spécimens étudiés. — 150 femelles et 225 mâles de la surface du corps de *Diadema setosum* (Leske) à Nossi-Bé. Holotype, allotype, et 85 paratypes (35 femelles et 50 mâles) déposés à l'I.R.S.M. à Tananarive ; le même nombre de paratypes au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris et au Muséum National des États-Unis à Washington, et les autres paratypes dans la collection des auteurs.

Femelle. — Corps allongé (fig. 1), taeniacanthiforme. Longueur totale, y compris les rames caudales, 1,064 mm (0,960-1,225 mm), largeur 0,515 mm (0,480-0,560 mm), observation basée sur dix spécimens. Segment portant la première patte presque complètement réuni avec la tête, laissant voir seulement un sillon médian indistinct. Surface dorsale de la tête avec des poils très fins épars. Angles pos-

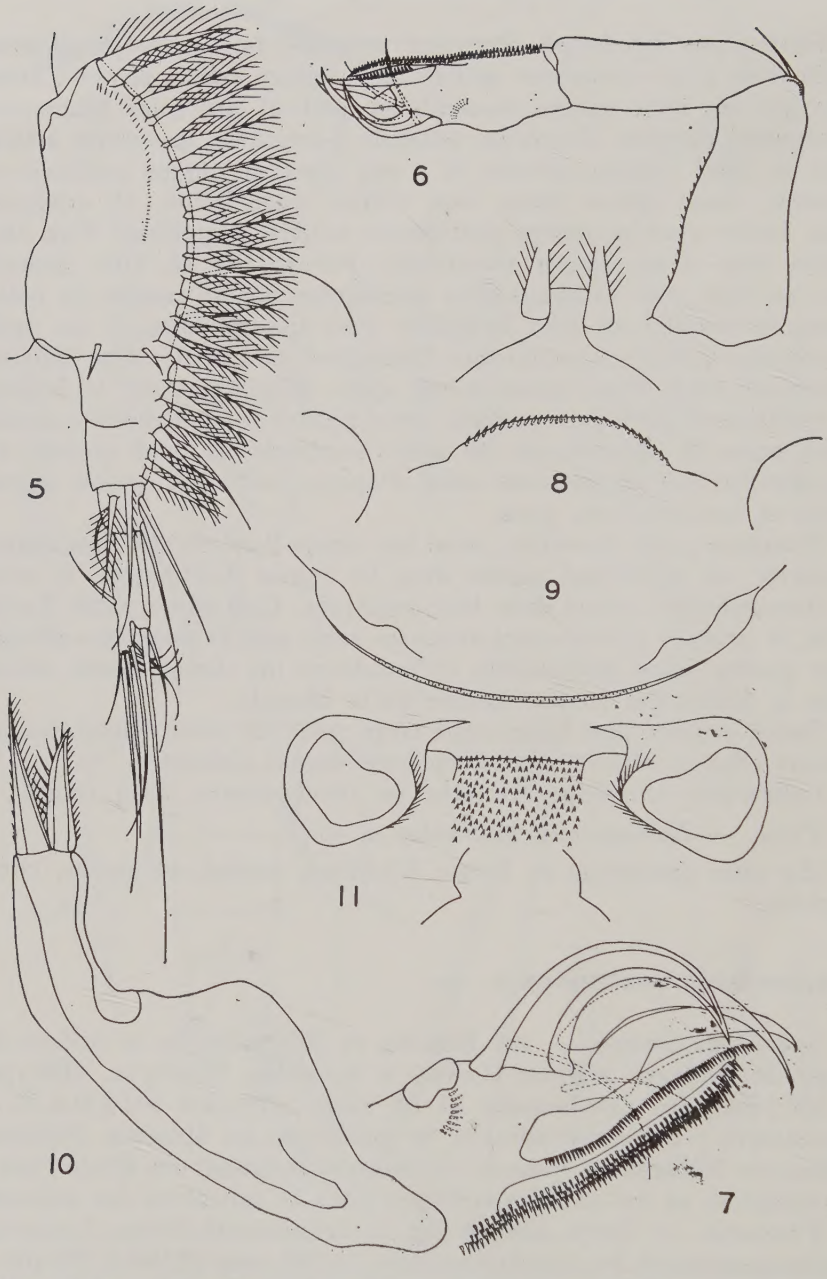


Fig. 5 à 11. — *Echinosocius pectinatus* n. sp., femelle (suite). — 5, Première antenne (D). 6, Deuxième antenne (E). 7, Apex de la deuxième antenne (C). 8, Crête entre les bases des deuxième antennes (E). 9, Bord du labre (C). 10, Mandibule (C). 11, Paragnathes et la région entre eux (F).

térieurs de la tête faisant de petites saillies et formant, avec les premières antennes et la première paire de pattes, une concavité ventrale de la tête qui suggère un disque d'attachement (fig. 2). Segments thoraciques libres devenant un peu plus étroits et plus courts postérieurement. Segment génital (fig. 3) rectangulaire, 180 × 80 μ, avec les attachements des sacs ovigères dorsolatéraux juste en arrière du milieu du segment et portant trois soies (77, 77, et 18 μ de long) et tout près quelques bosses réfringentes (fig. 4). Abdomen 3-segmenté, les segments 46, 42, et 54 μ de long respectivement, les deux premiers avec une soie fine près des angles postérieurs, le troisième avec des rangées de petits poils près de l'attachement de la rame caudale.

Sacs ovigères (fig. 2) 367 × 200 μ, observation basée sur cinq spécimens, avec environ 26 œufs et atteignant le dernier tiers de la rame caudale. Chaque sac aplati avec sa surface interne légèrement concave tenue contre le côté de l'abdomen.

Rostre pas développé. Première antenne (fig. 5) 4-articulée, mais le deuxième article incomplètement subdivisé. Article basal (154 μ de long) mesurant environ la moitié de la longueur totale de l'antenne et armé le long de son bord antérieur de 14 soies plumeuses basalement élargies et de deux soies minces nues. Deux petites soies sur son bord distal. Deuxième article (56μ) armé de six soies plumeuses larges et deux soies minces. Troisième article (22 μ) le plus court de tous et portant quatre soies, une d'elles plumeuse. Dernier article (64 μ) mince et allongé, avec plusieurs soies comme indiqué sur la figure et sans organes sensoriels.

Deuxième antenne (fig. 6) allongée et mince, 3-articulée, les articles presque d'une longueur égale. Le premier article avec une petite soie à l'angle externe distal. Le deuxième article inerme. Le troisième (fig. 7) avec un bord interne épineux prolongé en processus large, digitiforme, au delà des bases des grandes épines apicales. Ces épines consistant en une épine finement pectinée, deux assez faiblement sclérifiées, une fortement sclérifiée unguiforme, et deux soies minces nues. Une crête avec une rangée d'épines (fig. 8) entre les bases des deuxièmes antennes.

Labre (fig. 9) assez triangulaire avec une marge postérieure entière, inerme. Mandibule (fig. 10) allongée, avec deux épines plumeuses à son apex, 25 et 18 μ de long. Paragnathe (fig. 11) environ 30 μ de diamètre avec un processus interne spiniforme et une rangée de petits poils. Région entre les bases des paragnathes épineuse. Première maxille (fig. 12) en petit lobe irrégulier avec quatre soies relativement grandes et portant un processus antérieur lamelliforme. Deuxième maxille (fig. 13) 2-articulée, le premier article grand, le deuxième petit et portant une soie nue sub-terminale de 10 μ de long et deux épines plumeuses terminales de 44 et 39 μ de long. Maxillipède (fig. 14) assez piriforme et attaché à la surface du corps, avec deux petites

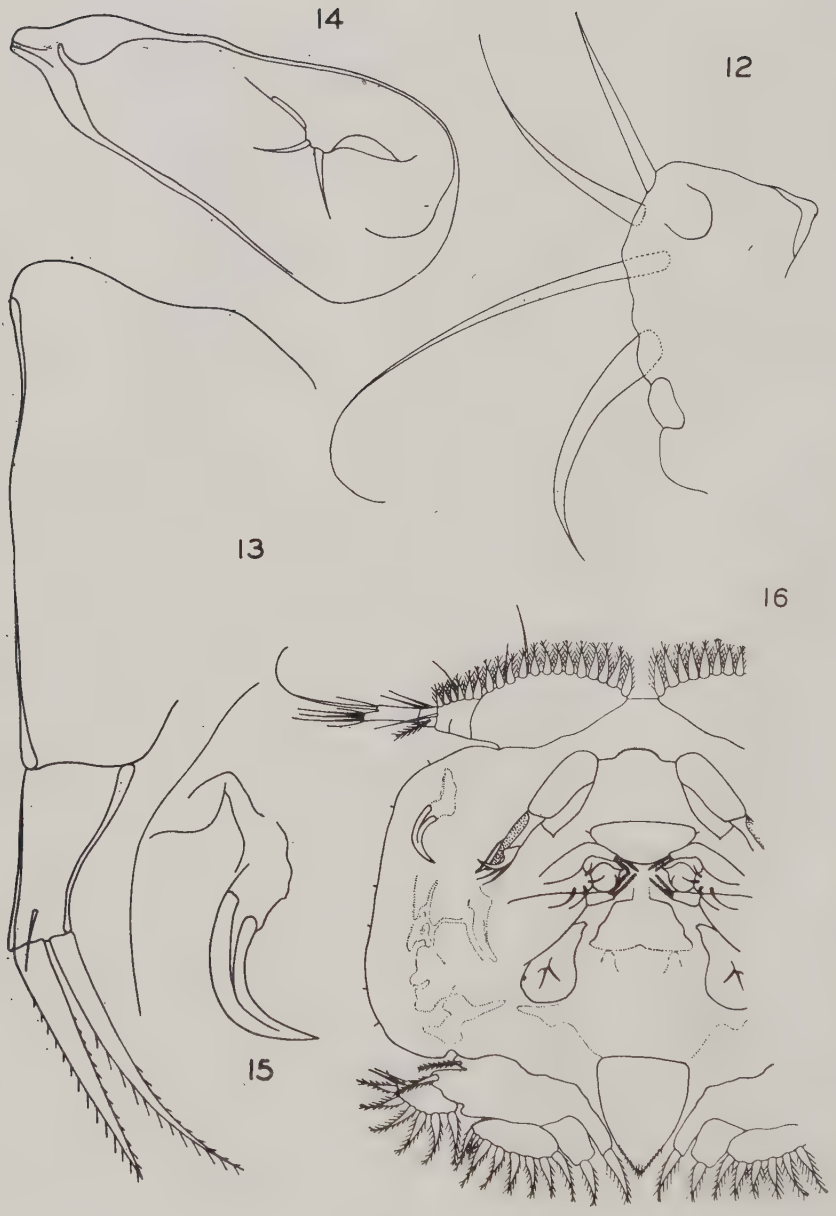


Fig. 12 à 16. — *Echinosocius pectinatus* n. sp., femelle (suite). — 12, Première maxille (C). 13, Deuxième maxille (C). 14, Maxillipède (F). 15, Crochet maxillaire (E). 16, Région orale, ventrale (B).

soies nues dirigées postérieurement comme indiqué sur la figure. Crochet maxillaire (fig. 15) en épine recourbée assez forte, bien sclérifiée, son arc de 56 μ de long. Région orale comme sur la fig. 16.

Première patte (fig. 17) avec les rames 2-articulées, très modifiées et portant des soies élargies plumeuses comme celles de la première antenne. Une région sternale triangulaire à poils longs sur son apex située entre les premières pattes et ainsi complétant le bord du disque céphalique d'attachement (voir les fig. 2 et 16). Deuxième, troisième, et quatrième pattes à forme plus normale, avec les rames 3-articulées. Deuxième patte (fig.18) avec une soie interne plumeuse très longue (environ deux fois aussi longue que l'endopodite entier) sur le premier article et deux soies plumeuses sur le deuxième article de l'endopodite. Exopodite avec une membrane externe sur les deux premiers articles. Dernier article allongé, les deux épines externes nues et les soies unilatéralement plumeuses. Troisième patte (fig. 19) avec la soie interne sur le premier article de l'endopodite pas extraordinairement longue. Exopodite comme celui de la deuxième patte. Quatrième patte (fig. 20) avec l'endopodite à un article terminal court avec trois soies finement pectinées. Exopodite avec les deux derniers articles raccourcis. La plus externe des deux soies terminales du troisième article agrandie et portant deux rangées d'écailles le long de sa région médiane (fig. 21)

Formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme suit :

	1re patte		2e patte		3e patte		4e patte	
	exp.	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*
1er article	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1
2e article	9	8	1 : 1	0 : 2	1 : 1	0 : 2	1 : 1	0 : 1
3e article			8	6	8	4	8	3

Cinquième patte (fig.22) 2-articulée, le premier article court, seulement 33 μ de long, mesuré le long de son bord externe, et avec sa soie externe plumeuse de 34 μ de long. Deuxième article 168 × 66 μ, d'une forme assez irrégulière et effilé vers son apex. Avec une très petite soie presque à mi-chemin sur son bord externe, et à proximité une soie nue longue de 138 μ. Sub-terminalement deux soies plumeuses, de 48 et 26 μ de long. Une soie terminale nue de 144 μ de long, avec son quart basal sclérifié et ses trois quarts distaux minces et faibles. Sixième patte absente.

Rame caudale (fig. 23) 60 × 36 μ, avec une soie nue de 36 μ sur son bord externe, une soie dorsale plumeuse sub-terminale de 26 μ, et quatre soies terminales qui, en commençant par la plus extérieure ont 57, 170, 193, et 78 μ de long, la plus longue bien sclérifiée basalement. Quelques poils latéraux sur les deux soies du milieu.

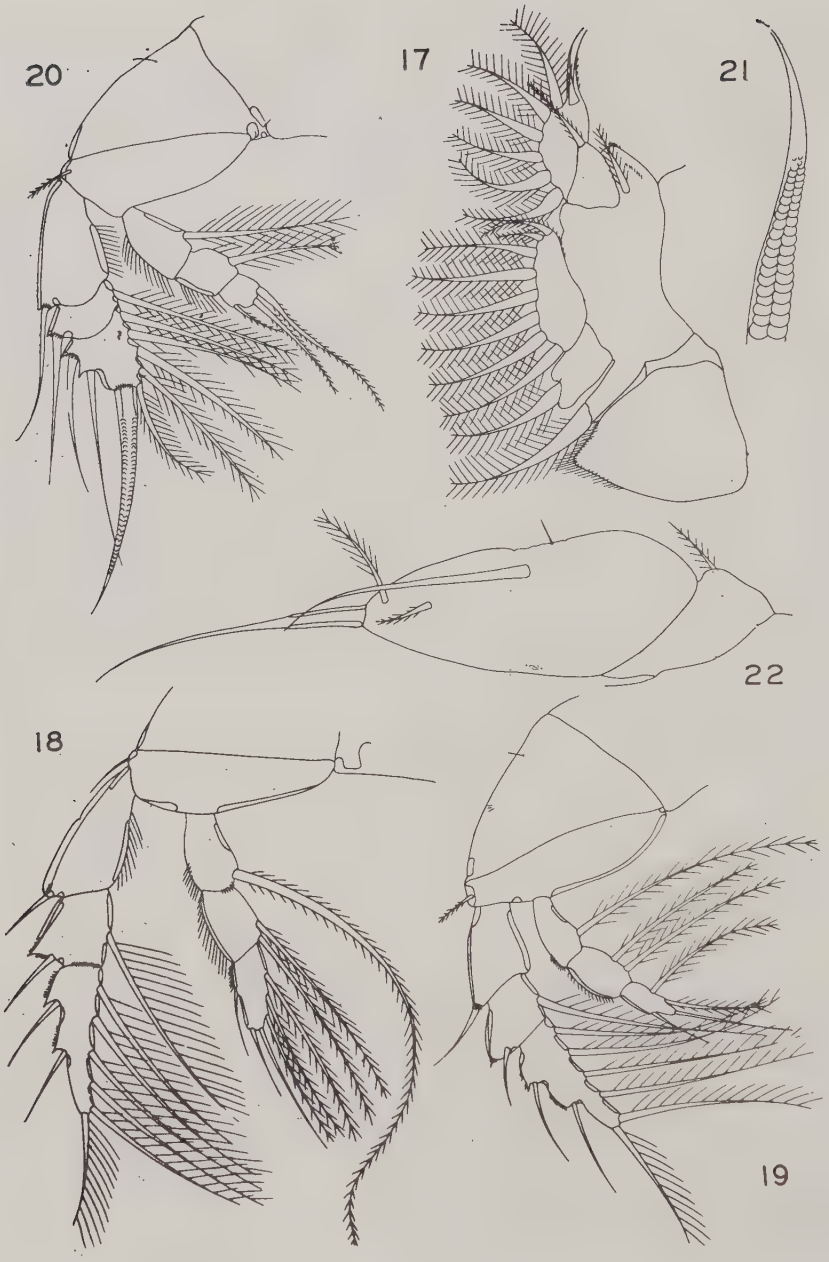


Fig. 17 à 22. — *Echinosocius pectinatus* n. sp., femelle (suite). — 17, Première patte (E). 18, Deuxième patte (G). 19, Troisième patte (G). 20, Quatrième patte (G). 21, Moitié distale de la soie écailleuse du dernier article de l'exopodite de la quatrième patte (C). 22, Cinquième patte (D).

Coloration sur le vivant en lumière réfléchie rougeâtre violette, avec de petits points violets éparpillés sur le thorax, l'œil rouge, l'ovaire d'un rougeâtre violet foncé, les sacs ovigères opaques, gris.

Male. — Corps (fig. 24) avec la région de la tête relativement grande et avec le thorax et l'abdomen court. Longueur totale, y compris les rames caudales, 0,424 mm (0,384-0,492 mm), largeur à la région céphalique 0,202mm (0,192-0,216 mm), observations basée sur dix spécimens. En vue dorsale les pattes 1-4 beaucoup plus marquantes que chez la femelle. Segment génital 24 μ de long. Abdomen (fig. 25) 3-segmenté, les segments 18, 18, et 25 μ de long, sans ornementation. Spermatophores pas vus.

Première antenne comme chez la femelle. Deuxième antenne aussi comme chez la femelle, mais avec la griffe sclérifiée pas aussi fortement développée. Labre, mandibule, paragnathe, première maxille, deuxième maxille, et crochet maxillaire comme chez la femelle. Maxillipède (fig. 26) 4-articulé, le premier article avec une soie interne faible, le deuxième article allongé, avec un processus interne portant deux soies nues et une rangée d'environ six dents fortes et distalement des rangées de poils fins comme indiqué. Troisième article très court. Quatrième article (fig. 27) unguiforme, avec une soie basale, et à son apex des processus internes et externes spiniformes et entre ceux-ci une série de quatre anneaux, chacun avec une rangée de petits poils. Région orale comme sur la fig. 28.

Première patte comme chez la femelle. Deuxième patte (fig. 29) avec la soie interne du premier article de l'endopodite pas extraordinairement longue (environ aussi longue que l'endopodite entier). Les soies externes de l'exopodite avec les deux tiers basilaires sclérifiés, le tiers distal faible (fig. 30). La plus externe des soies du dernier article de l'exopodite plus forte que chez la femelle et avec un bord externe pectiné. Troisième patte (fig. 31) avec une seule soie interne plumeuse sur le deuxième article de l'endopodite et avec les épines externes de l'exopodite sclérifiées comme pour la deuxième patte, et avec la plus externe des soies du dernier article de l'exopodite plus forte que chez la femelle et pectinée sur son bord externe. Quatrième patte (fig. 32) avec un processus transparent digitiforme au lieu de la soie externe du basipodite. Epine terminale modifiée du dernier article de l'exopodite sans écailles et beaucoup plus courte et plus forte que chez la femelle.

Formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme celle de la femelle, excepté l'endopodite de la troisième patte qui est 0 : 1, 0 : 1, 4.

Cinquième patte (fig. 33) 2-articulée comme chez la femelle. Premier article comme chez la femelle. Deuxième article 78 × 24 μ, avec deux soies nues de 42 μ de long sur son bord externe, une petite

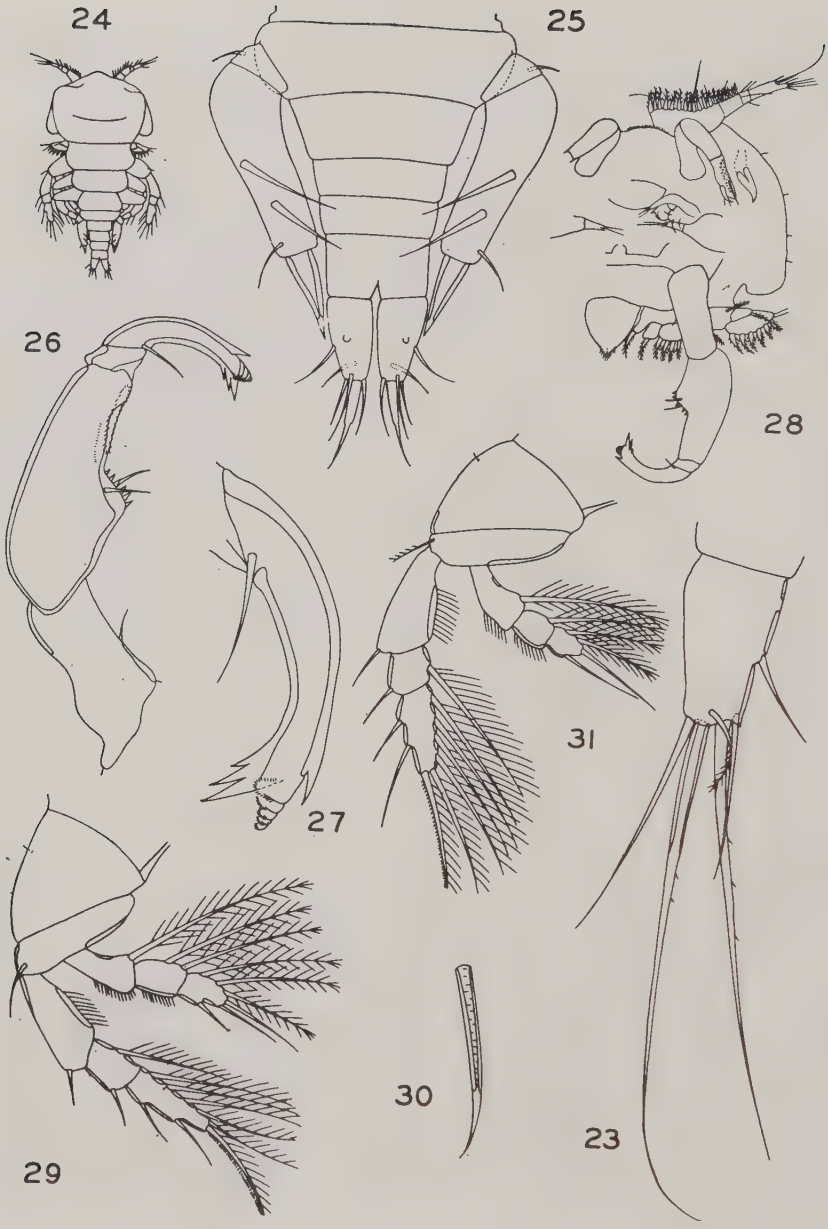


Fig. 23 à 31. — *Echinosocius pectinatus* n. sp., femelle (suite). — 23, Rame caudale, dorsale (E). — *Echinosocius pectinatus* n. sp., mâle. — 24, Vue dorsale (A). 25, Segment génital et abdomen, ventral (E). 26, Maxillipède (E). 27, Dernier article du maxillipède (C). 28, Région orale, ventrale (G). 29, Deuxième patte (D). 30, Epine du bord externe du dernier article de l'exopodite de la deuxième patte (C). 31, Troisième patte (D).

soie nue sub-terminale de 19 μ, et une épine forte terminale de 34 μ de long et de 11 μ de large à la base, avec ses 4 μ distaux pas sclérifiés. Sixième patte absente.

Rame caudale (fig. 34) 35 × 16 μ, à soies nues. Soie de son bord externe de 24 μ, soie dorsale de 19 μ, soies terminales en commençant par la plus externe, de 26, 25, 30, et 20 μ de long. La plus proche de la soie terminale la plus interne avec sa moitié basale forte et bien sclérifiée. Une bosse arrondie sur la surface ventrale de la rame près de la base de la soie externe.

Coloration sur le vivant comme chez la femelle.

(Le nom spécifique est tiré de *pectinatus*, pectiné, faisant allusion à la nature pectinée de l'épine interne sur l'apex de la deuxième antenne.)

Echinosocius dentatus n. sp.

Spécimens étudiés. — 35 femelles et 32 mâles de la surface du corps de *Diadema setosum* (Leske) à Nossi-Bé. Holotype, allotype, et 11 paratypes (5 femelles et 6 mâles) déposés à l'I. R. S. M. à Tananarive ; le même nombre de paratypes au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris et au Muséum National des États-Unis à Washington, et les autres paratypes dans la collection des auteurs.

Femelle. — Corps (fig. 35) allongé, taeniacanthiforme. Longueur totale, y compris les rames caudales, 1,606 mm (1,435-1,680 mm), largeur 0,611 mm (0,560-0,700 mm), observation basée sur dix spécimens. Segment portant la première patte réuni avec la tête. Angles postérieurs de la tête faisant de petites saillies. Segment génital de 112 μ de long, avec les sacs ovigères attachés comme chez l'espèce précédente. Abdomen (fig. 36) 3-segmenté, les segments mesurant 84, 56, et 127 μ de long respectivement, le dernier segment avec une rangée ventrale de très petites épines.

Sacs ovigères (fig. 35) 557 × 157 μ, observation basée sur quatre spécimens, contenant environ 70 œufs. Sacs parallèles aux côtés de l'abdomen.

Rostre pas développé. Première antenne comme celle d'*E. pectinatus*, les articles mesurant 224, 112, 30, et 67 μ de long. Deuxième antenne avec le dernier article (fig. 37) ayant son bord interne couvert d'épines assez longues. Épine la plus intérieure, au lieu d'être pectinée comme chez l'espèce précédente, dentelée, avec 4-6 dents (voir les fig. 38 et 39) et une petite soie accessoire sur la base de la dent proximale. Le reste de l'armature se composant d'une griffe de 54 μ de long, de deux épines faiblement sclérifiées, et de trois soies.

Labre, mandibule, paragnathe, première maxille, deuxième maxille

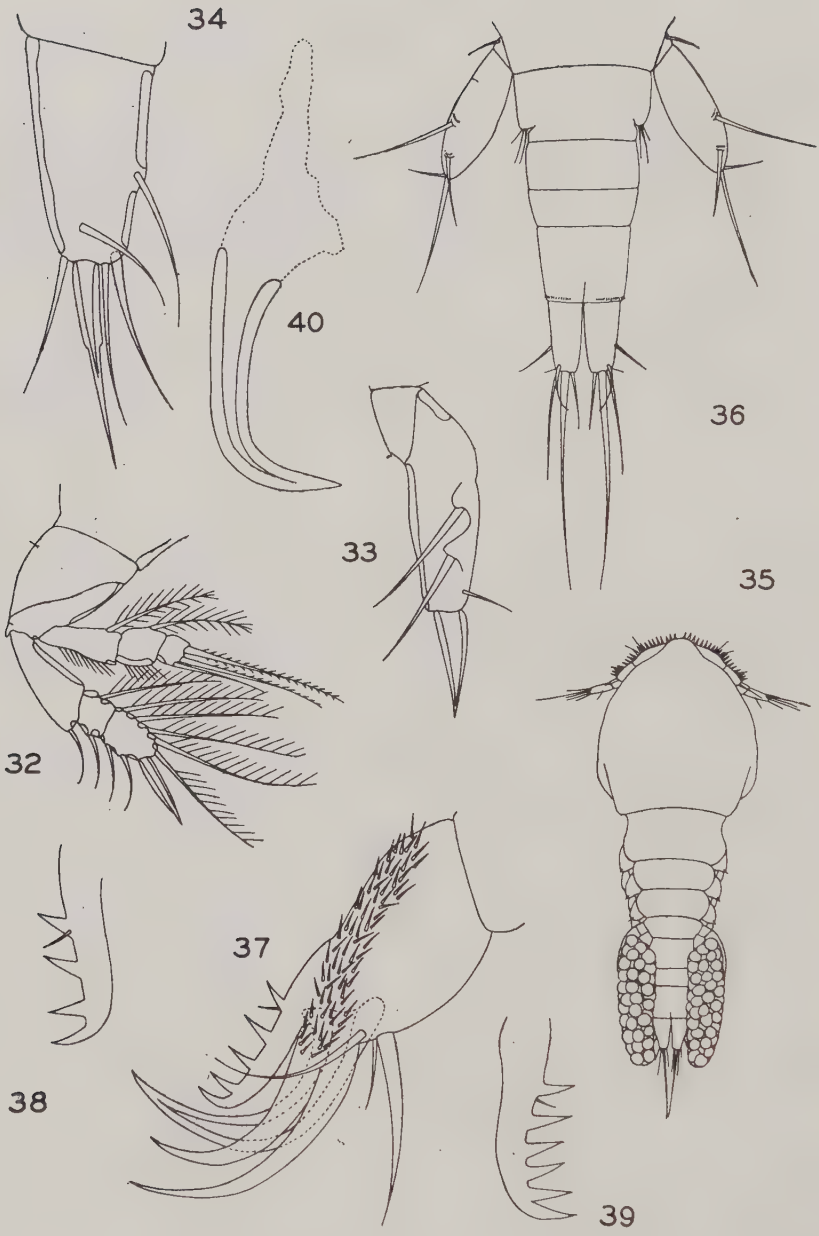


Fig. 32 à 40. — *Echinosocius pectinatus* n. sp., mâle (suite). — 32, Quatrième patte (D). 33, Cinquième patte (E). 34, Rame caudale, dorsale (C). — *Echinosocius dentatus* n. sp., femelle. — 35, Vue dorsale (H). 36, Segment génital et abdomen, ventral (I). 37, Dernier article de la deuxième antenne (F). 38, Moitié distale de l'épine dentelée de la deuxième antenne (C). 39, La même épine (C). 40, Crochet maxillaire (E).

et maxillipède comme chez *E. pectinatus*. Crochet maxillaire (fig. 40) de 90 μ de long et recourbé distalement.

Première patte comme chez *E. pectinatus*, mais avec l'apex de la région sternale bilobé au lieu de pointu (fig. 41) et couvert de poils longs. Deuxième patte (fig.42) avec les deux rames relativement plus courtes et plus fortes que chez l'espèce précédente, mais avec la même formule des épines et des soies. Soie interne du premier article de l'endopodite pas extraordinairement longue. Troisième patte (fig. 43) avec seulement une soie interne sur le deuxième article de l'endopodite. Soies internes plumeuses des exopodites des deuxième et des troisième pattes bilatéralement plumeuses. Quatrième patte (fig. 44) avec l'épine externe terminale écailleuse le long du milieu (fig. 45) comme chez *E. pectinatus* et les deux autres épines externes ayant quelques écailles.

Formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme suit :

	1re patte		2e patte		3e patte		4e patte	
	exp	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*
1er article	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1
2e article	9	8	1 : 1	0 : 2	1 : 1	0 : 1	1 : 1	0 : 1
3e article			8	6	8	4	8	3

Cinquième patte (fig. 46) avec une soie plumeuse de 30 μ de long sur l'article court proximal. Article distal irrégulier et pointu vers son apex, 204 × 66 μ. Une soie nue de 130 μ de long située environ à mi-chemin sur le bord externe. Une soie sub-terminale finement pectinée de 88 μ de long. Deux soies terminales, l'externe plumeuse de 38 μ, l'interne nue de 164 μ de long. Rangées de petites épines près des bases des soies comme indiqué. Sixième patte absente.

Rame caudale (fig. 47) de 98 × 37 μ, la soie du bord externe de 56 μ de long, la soie dorsale de 36 μ et apparemment nue, et les quatre soies terminales commençant avec la plus extérieure de 53, 151, 324, et 78 μ de long, les deux du milieu avec quelques poils latéraux. Un processus très court sétiforme, peut-être formé d'une sécrétion glandulaire, quelquefois visible entre la soie du bord externe et la base de la rame.

Coloration sur le vivant en lumière réfléchie transparente à rougeâtre violette, l'ovaire d'un brun ou violet foncé, l'œil rouge, les sacs ovigères rougeâtres violets.

Male. — Corps avec une région céphalique relativement grande et un thorax et un abdomen courts, comme chez le mâle d'*E. pectinatus*. Longueur totale, y compris les rames caudales, 0,666 mm (0,600-0,696 mm), largeur 0,289 mm (0,264-0,324 mm), observation basée sur dix spécimens. Segment génital (fig. 48) 70 μ de long. Abdomen

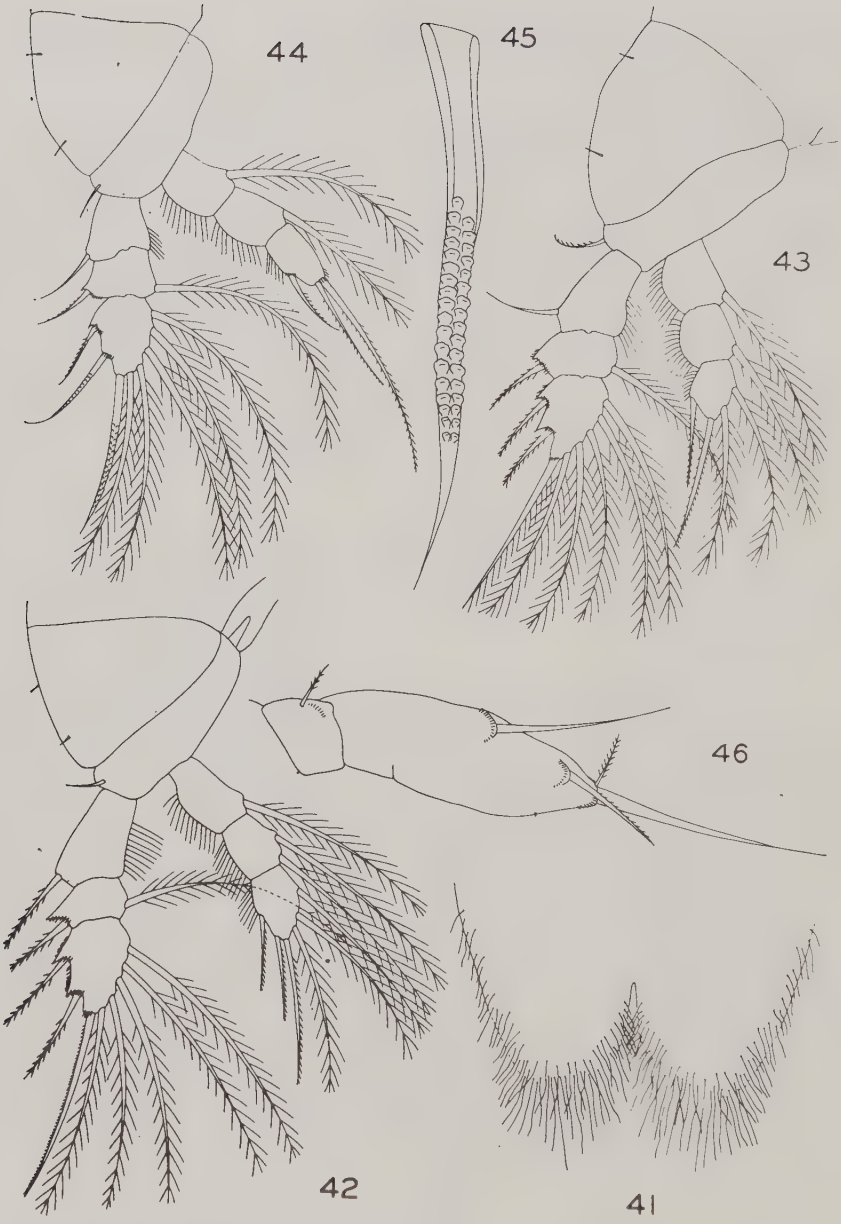


Fig. 41 à 46. — *Echinosocius dentatus* n. sp., femelle (suite). — 41, Apex de la région sternale entre les premières pattes (C). 42, Deuxiéme patte (G). 43, Troisième patte (G). 44, Quatrième patte (G). 45, Epine terminale écailleuse du pernier article de l'exopodite de la quatrième patte (F). 46, Cinquième patte (G).

3-segmenté, les segments mesurant 39, 31, et 26 μ de long respectivement, sans ornementation en vue dorsale.

Première et deuxième antenne, labre, mandibule, paragnathe, première et deuxième maxille, et crochet maxillaire comme chez la femelle. Maxillipède (fig. 49) avec un deuxième article allongé, son bord interne faisant seulement une petite saillie et portant deux soies nues et des rangées de petites épines comme sur la figure. Dernier article unguiforme avec une soie basale et tout près un processus digitiforme. Distalement sur le bord interne une rangée de petites dents dirigée vers un processus spiniforme marquant, et au delà une série de processus spiniformes.

Pattes 1-3 comme chez la femelle. Quatrième patte semblable aussi, mais les épines externes et l'épine terminale de l'exopodite finement pectinées (fig. 50) au lieu d'écailleuses comme chez la femelle. Formule des épines et des soies comme chez la femelle.

Cinquième patte (fig. 51) avec la soie du premier article de 18 μ de long. Deuxième article 66 × 22 μ, avec trois épines nues et une soie nue, commençant avec la plus extérieure mesurant 26, 19, 17, et 42 μ de long. Sixième patte absente.

Coloration comme chez la femelle.

(Le nom spécifique est tiré de *dentatus*, dentelé, faisant allusion à la nature de l'épine intérieure sur l'apex de la deuxième antenne).

Echinosocius Humes et Cressey diffère de *Taeniacanthus* Sumpf 1871, *Anchistrodos* Brian 1906, *Irodes* Wilson 1911, *Assecula* Gurney 1927, et *Parataeniacanthus* Yamaguti 1939, tous avec au moins cinq articles à la première antenne et avec des griffes ou des épines à l'apex du maxillipède de la femelle (excepté *T. Upenei* Yamaguti 1954, où le maxillipède de la femelle est « a blunt conical process bearing a tuft of three backwardly directed setae at inner end of its base ». Chez *T. Upenei upeneaoides* Yamaguti 1954, il y a une petite (épine ou soie ?) près de l'apex, mais il subsiste quelques doutes, parce que le mot entre crochets manque malheureusement au texte). Ce nouveau genre diffère aussi de *Taeniacanthodes* Wilson 1935, avec le troisième et le quatrième segments thoraciques réunis et avec l'abdomen 2-segmenté, de *Telson* Pearse 1952, avec l'abdomen d'un seul segment, et de *Phagus* Wilson 1911, avec le maxillipède de la femelle ayant un grand article basal et deux soies terminales et avec l'armature du dernier article de la deuxième antenne très différente.

Ces Copépodes ne peuvent pas nager. Quand on les fait quitter l'hôte, ils tombent au fond où ils peuvent seulement fléchir le corps dorsoventralement et agiter les pattes. Ils s'attachent aux tiges de pédicellaires comme un pou à un cheveu.

Les deux espèces d'*Echinosocius* peuvent être facilement séparées

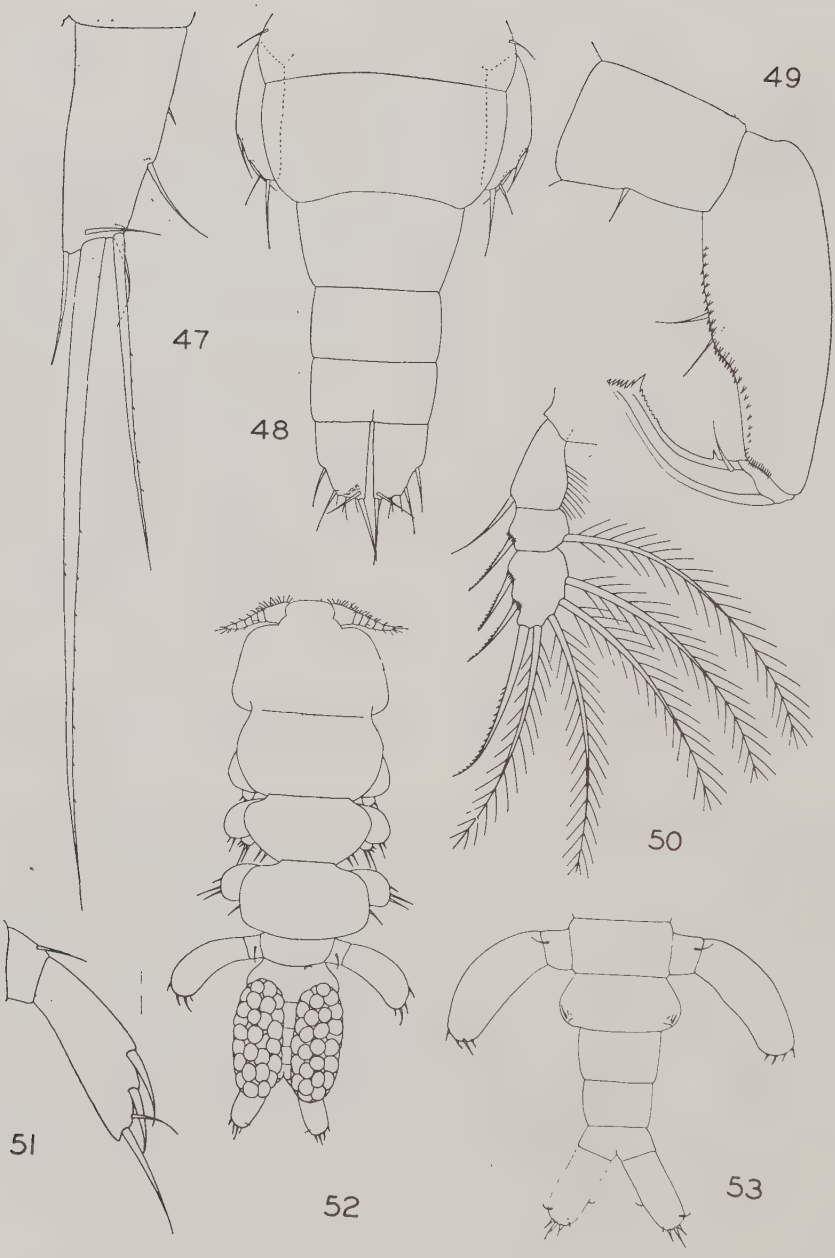


Fig. 47 à 53. — *Echinosocius dentatus* n. sp., femelle (suite). — 47, Rame caudale, dorsale (D). — *Echinosocius dentatus* n. sp., mâle. — 48, Vue dorsale (D). 49, Maxillipède (E). 50, Exopodite de la quatrième patte (E). 51, Cinquième patte (E). — *Echinirus laxatus* n. sp., femelle. — 52, Vue dorsale (H). 53, Segment génital et abdomen, dorsal (J).

par les différences de taille du corps, de la nature du dernier article de la deuxième antenne, et de l'armature du maxillipède du mâle.

Echinirus n. gen.

Corps allongé, taeniacanthiforme. Tête et segment portant les premières pattes réunies. Marge de la tête échancrée aux bases des premières antennes. Segment génital pas très renflé, avec les sacs ovigères attachés dorsolatéralement. Abdomen 3-segmenté chez les deux sexes. Sacs ovigères allongés avec des œufs nombreux.

Rostre pas développé. Première antenne 6-articulée et armée (à l'exception de deux soies plumeuses sur le premier article) de soies nues pas élargies basalement. Deuxième antenne 4-articulée, le dernier article avec des épines recourbées et des soies. Labre entier avec une rangée d'épines sur son bord postérieur. Apex de la mandibule avec une petite épine inerme et une grande épine pectinée le long de son bord postérieur. Paragnathe en lobe inerme piriforme. Première maxille avec trois soies et un processus spatuliforme. Deuxième maxille de deux articles, le premier très grand, le deuxième petit, avec deux épines à son apex. Maxillipède absent chez la femelle. Crochets maxillaires présents. Maxillipède du mâle en gros article arrondi avec un processus interne qui s'oppose à une griffe terminale.

Première patte avec les rames 2-articulées. Pattes 2-4 avec les rames 3-articulées. Pattes 1-4 avec la même armature dans les deux sexes. Cinquième patte 2-articulée, le premier article court avec une seule soie, le deuxième allongé avec quatre soies. Sixième patte absente.

Rame caudale plus longue que large, avec six soies.

Coloration transparente à rougeâtre violette, l'œil rouge.

Type. — *Echinirus laxatus* n. sp.

(Le nom générique est tiré de d'*echinus*, oursin, et *Irus*, un mendiant d'Ithaque.)

Echinirus laxatus n. sp.

Spécimens étudiés. — 60 femelles et 26 mâles de la surface du corps de *Diadema setosum* (Leske) à Nossi-Bé. Holotype, allotype, et 15 paratypes (10 femelles et 5 mâles) déposés à l'I. R. S. M. à Tananarive, le même nombre de paratypes au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris et au Muséum National des États-Unis à Washington, et les autres paratypes dans la collection des auteurs.

Femelle. — Corps allongé (fig. 52), taeniacanthiforme. Longueur totale, y compris les rames caudales, 2,065 mm (1,925-2,310 mm), largeur 0,535 mm (0,490-0,630 mm), observation basée sur dix spéci-

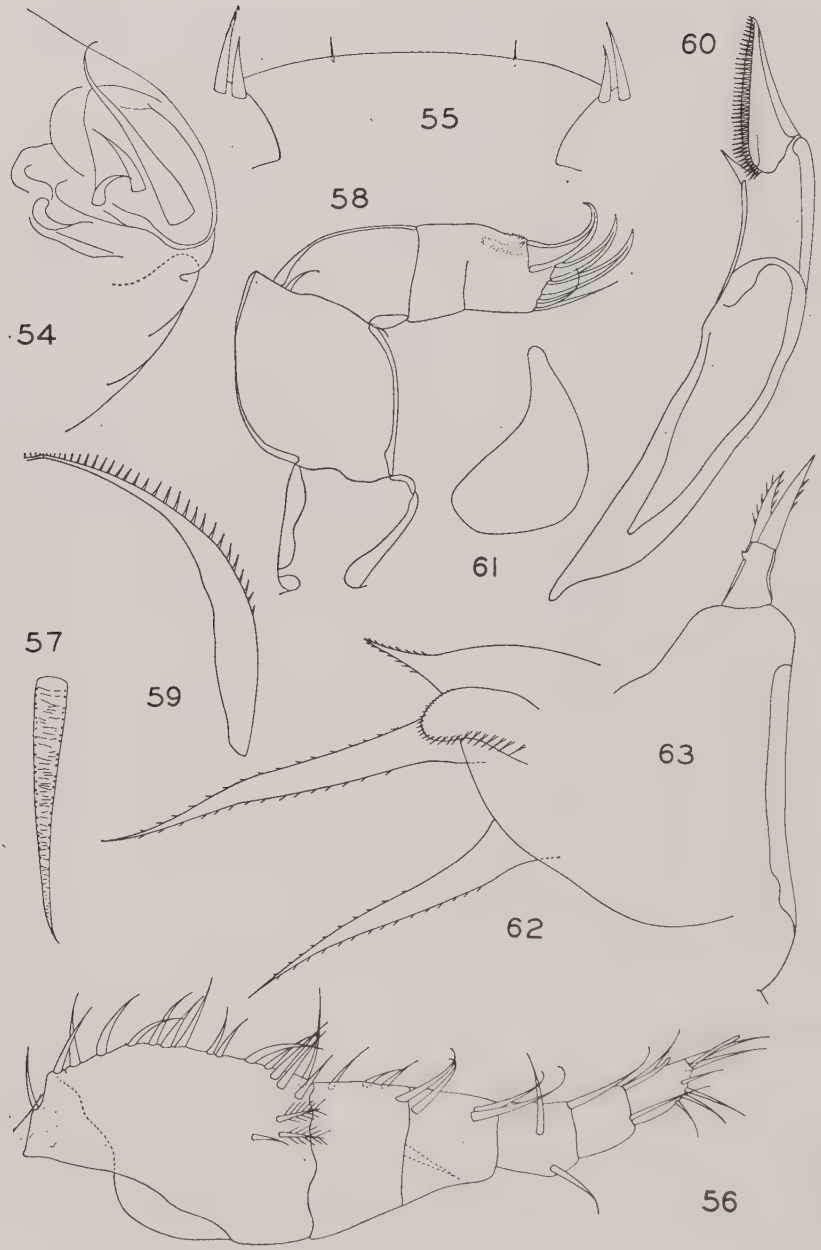


Fig. 54 à 63. — *Echinirus laxatus* n. sp., femelle (suite). — 54, Région d'attachement d'un sac ovigère (E). 55, Bord de la tête entre les bases des premières antennes (D). 56, Première antenne (D). 57, Soie du bord de la première antenne (C). 58, Deuxiéme antenne (D). 59, Bord d'une moitié du labre (C). 60, Mandibule (C). 61, Paragnathe (C). 62, Première maxille (C). 63, Deuxième maxille(E).

mens. Segment portant la première patte complètement réuni avec la tête. Marge de la tête échancrée à la base des premières antennes. Angles postérieurs de la tête arrondis. Les trois segments thoraciques libres presque égaux, mais le segment portant les cinquièmes pattes beaucoup plus étroit et plus court. Segment génital (fig. 53) plus de deux fois aussi large que long, 196 × 400 μ, avec les côtés assez renflés. Régions d'attachement des sacs ovigères dorsolatérales sur le tiers postérieur du segment et portant trois soies dirigées en avant (fig. 54). Abdomen 3-segmenté, les segments de 170, 140, et 70 μ de long respectivement, et inermes. Dernier segment échancré au milieu et les deux côtés assez divergents.

Sacs ovigères (fig. 52) 446 × 189 μ, observation basée sur cinq spécimens, contenant environ 38 œufs, parallèles à l'abdomen et atteignant le milieu des rames caudales.

Rostre pas développé, mais la région entre les premières antennes (fig. 55) avec deux très petites soies. Première antenne (fig. 56) 6-articulée, le premier article (134 μ de long) aussi long que 2-4 ensemble, les cinq autres articles presque de la même longueur (42, 36, 45, 36, et 36 μ respectivement). Soies nues de la forme indiquée sur la fig. 57, sans bases élargies, situées le long du bord antérieur de l'antenne comme indiqué. Deux soies plumeuses et une soie nue sur la surface ventrale distale du premier article. Un très petit organe sensoriel sur le cinquième et le sixième article.

Deuxième antenne (fig. 58) 4-articulée, le premier article inerme, le deuxième avec deux très petites soies distales, le troisième inerme, et le quatrième incomplètement subdivisé avec deux soies minces et trois épines recourbées, deux de ces épines minces, 54 et 40 μ de long, la troisième forte, 50 μ de long, avec deux groupes de très petites bosses réfringentes près de sa base.

Labre (fig. 59) ayant un bord postérieur arrondi avec un léger apex médian et portant une rangée d'épines. Mandibule (fig. 60) allongée, à son apex une épine postérieure de 6 μ de long et une épine forte antérieure de 30 μ de long, pectinée le long de son bord postérieur. Paragnathe (fig. 61) en lobe inerme piriforme, de 30 μ de long, avec sa portion atténuée dirigée intérieurement et sa surface antérieure convexe. Première maxille (fig. 62) en lobe avec trois soies de 11, 47, et 42 μ de long ayant de courts poils latéraux. Articulations de ces soies indistinctes. Un processus spatuliforme, de 20 μ de long et bordé d'une rangée de petites épines, sur la surface antérieure de la maxille. Deuxième maxille (fig. 63) avec un très grand article basal et un petit article distal de 30 μ de long portant un très petit processus spiniforme sub-terminal et deux épines distales dentelées de 29 et 36 μ de long. Maxillipède absent. Crochet maxillaire (fig. 64) long, mince, et droit le long de ses deux tiers distaux, cette portion droite de 103 μ de long.

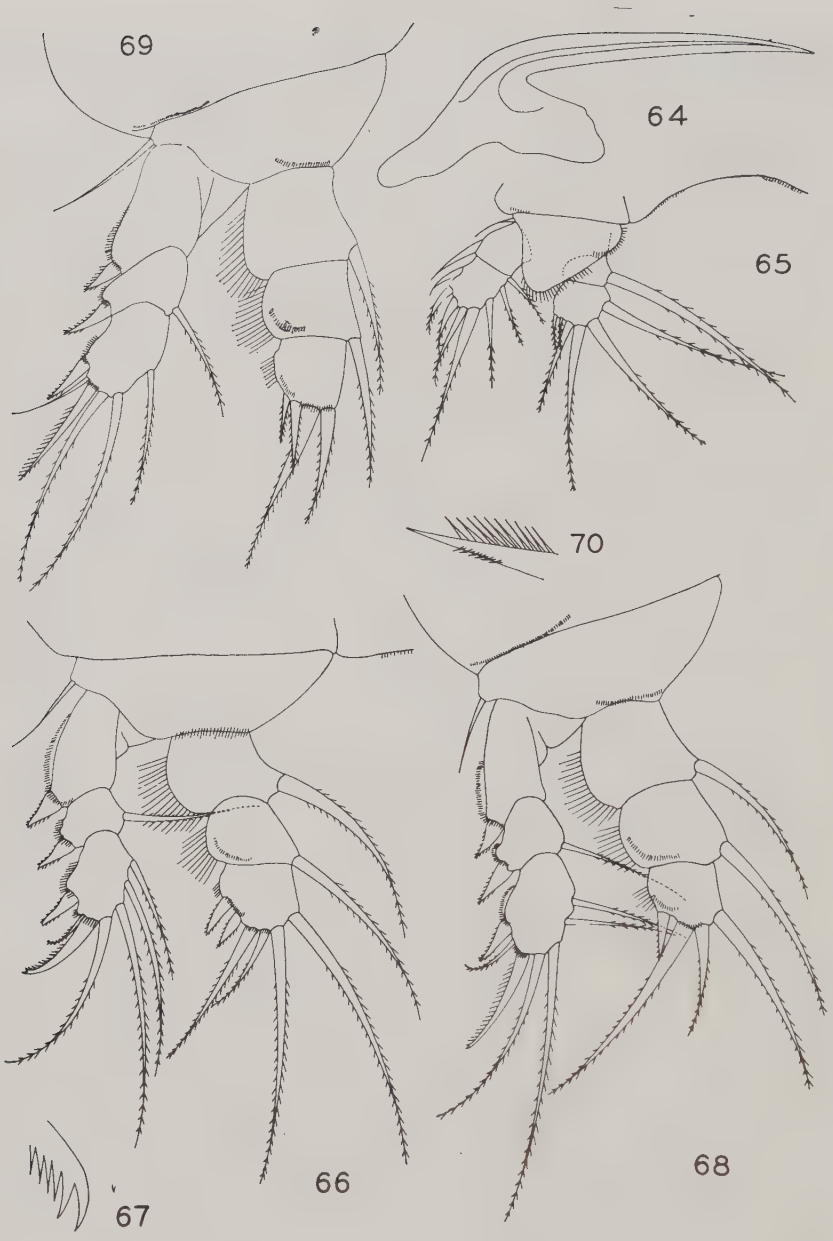


Fig. 64 à 70. — *Echinirus laxatus* n. sp., femelle (suite). — 64, Crochet maxillaire (E). 65, Première patte (G). 66, Deuxième patte (G). 67, Apex de l'épine pectinée terminale du dernier article de l'exopodite de la deuxième patte (C). 68, Troisième patte (G). 69, Quatrième patte (G). 70, Apex de l'épine pectinée terminale du dernier article de l'exopodite de la quatrième patte (C).

Région orale analogue à celle du mâle (voir la fig. 77) mais sans maxillipèdes.

Première patte (fig. 65) avec les rames 2-articulées, les deux soies externes du dernier article de l'endopodite courtes et minces, et les épines le long du bord externe de l'exopodite minces. Pattes 2-4 avec les rames 3-articulées. Deuxième patte (fig. 66) avec deux épines externes sur le dernier article de l'endopodite et avec des épines fortes sur le bord externe de l'exopodite. Bord externe du dernier article de l'exopodite armé d'une épine proximale, une soie mince plumeuse, et une épine distale longue, forte, ayant deux dents apicales et une marge pectinée (fig. 67). Troisième patte (fig. 68) avec une épine externe et trois soies terminales sur le dernier article de l'endopodite, et avec l'exopodite comme à la patte précédente. Quatrième patte (fig. 69) à même aspect général que la troisième, mais le dernier article de l'exopodite ayant une épine distale externe armée à son apex comme sur la fig. 70.

Formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme suit :

	1re patte		2e patte		3e patte		4e patte	
	exp	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*
1er article	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1
2e article	7	6	1 : 1	0 : 1	1 : 1	0 : 1	1 : 1	0 : 1
3e article			7	6	7	4	6	4

Cinquième patte (fig. 71) 2-articulée, le premier article court, 96 × 96 μ, avec une soie nue de 50 μ de long. Deuxième article allongé, 360 × 140 μ, avec quatre petites soies nues à son apex, la plus extérieure de 34 μ de long et séparée un peu des trois autres de 35, 70, et 35 μ de long respectivement. Cette patte, chez les échantillons en alcool, tenue presque à angle droit du corps et saillante en vue dorsale (fig. 52).

Rame caudale (fig. 72) 238 × 114 μ, avec une soie nue de 33 μ de long sur son bord interne, une soie nue de 54 μ sur son bord externe, une soie nue forte sub-terminale de 33 μ sur sa surface ventrale, et trois soies apicales finement pectinées mesurant à partir de la plus interne, 56, 90 et 60 μ de long.

Coloration sur le vivant en lumière réfléchie de transparente à rougeâtre violette, l'œil rouge, l'ovaire d'un brun foncé ou rougeâtre violet, les sacs ovigères opaques, gris.

Male. — Forme du corps (fig. 73) très analogue à celle de la femelle, mais le segment portant les cinquièmes pattes plus long. Longueur totale, y compris les rames caudales, 1,536mm (1,400-1,680 mm), largeur 0,445 mm (0,385-0,490 mm), observation basée sur dix spé-

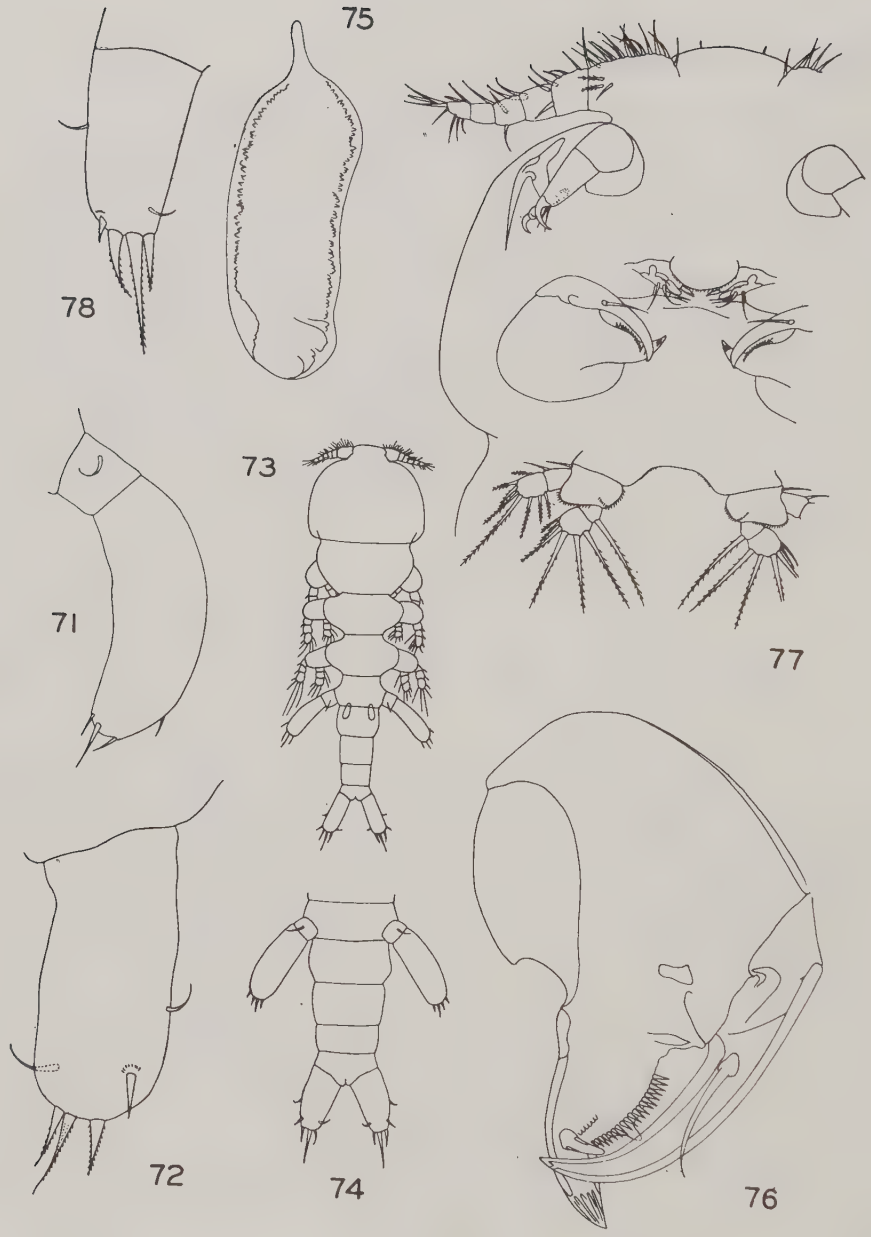


Fig. 71 à 78. — *Echinirus laxatus* n. sp., femelle (suite). — 71, Cinquième patte (I). 72, Rame caudale, ventrale (B). — *Echinirus laxatus* n. sp., mâle. — 73, Vue dorsale (H). 74, Segment génital et abdomen, dorsal (J). 75, Spermatophore (E). 76, Maxillipède (E). 77, Région orale, ventrale (B). 78, Rame caudale, ventrale (B).

cimens. Segment génital plus étroit (fig. 74), de 154 μ de long, les trois segments de l'abdomen de 140, 92 et 42 μ de long respectivement. Deux spermatophores, chacun, 84 × 17 μ (fig. 75).

Tous les appendices de la tête et les crochets maxillaires comme chez la femelle. Maxillipède (fig. 76) avec un gros article arrondi basal ayant un grand lobe atténué interne. Ce lobe avec une rangée d'épines et un processus triangulaire sur sa marge concave, une courte rangée de denticules et un processus digitiforme sur sa surface, et à apex longitudinalement strié. Une seule griffe de 114 μ de long avec une soie près de sa base, s'opposant au lobe interne de l'article basal. Région orale comme sur la fig. 77.

Pattes 1-5 comme chez la femelle, avec la même formule des épines et des soies. Sixième patte absente.

Rame caudale (fig. 78) 200 × 96 μ, avec les soies, dans l'ordre déjà donné pour la femelle, mesurant 17, 19, 13, 54, 100, et 66 μ de long.

Coloration comme chez la femelle.

(Le nom spécifique est tiré de *laxatus*, étendu, allongé, faisant allusion à la position des cinquièmes pattes.)

Echinirus Humes et Cressey diffère des autres genres de Taeniacanthides par l'absence des maxillipèdes chez la femelle et par les maxillipèdes singuliers du mâle en forme de bec. On peut séparer de plus ce genre d'*Echinosocius* qui a les premières antennes 4-articulées, les premières pattes très modifiées (formant, avec les premières antennes et les côtés de la tête, un disque d'attachement), et un dimorphisme sexuel distinct dans les pattes 2-5 et dans les rames caudales.

Les deux sexes d'*Echinosocius* et d'*Echinirus* se trouvent sur les Oursins en nombres considérables. Chez les autres genres de Taeniacanthides, les femelles seules sont ordinairement recueillies sur les Poissons qui sont leurs hôtes.

Les Poissons, Décapodes, Cténophores, Gastropodes, Ophiuroides, et Ciliés intestinaux associés avec *Diadema* ont attiré l'attention des chercheurs de temps en temps, mais les Copépodes sur *Diadema* ont été apparemment inaperçus. Mortensen (1940, pp.250-251) dans sa discussion des parasites de *Diadema*, n'a pas mentionné les Copépodes. Cette omission est probablement due à leur petite taille et au fait que l'action de l'alcool ou du formol les déloge de leurs hôtes. Les Copépodes peuvent rester sans être remarqués dans le sédiment du bocal et par la suite on peut les jeter avec un changement de l'alcool.

Suivant Mortensen (1940) *Diadema setosum* habite la région Indo-Pacifique, de la côte de l'Afrique Orientale à l'Australie, Tahiti, Hongkong, le Japon, etc. De nouvelles collections seront nécessaires pour déterminer si les Copépodes accompagnent cet Oursin dans toute son étendue.

BIBLIOGRAPHIE

Brian (A.), 1906. — Copepodi parassiti dei pesci d'Italia. — Genova (pp.1-187).

Gurney (R.), 1927. — Zoological Results of the Cambridge Expedition to the Suez Canal, 1924. XXXIII, Report on the Crustacea : Copepoda (littoral and semi-parasitic). — *Trans. zool. Soc. London, 22 :* 451-577.

Mortensen (T.), 1940. — A monograph of the Echinoidea. III. 1 : Aulodonta, with additions to vol. II (Lepidocentroida and Stirodonta). — Copenhagen (pp. 1-370).

Pearse (A.S.), 1952. — Parasitic Crustacea from the Texas coast. — *Publ. Inst. Marine Sci. Univ. Texas, 2 :* 5-42.

Sumpf (K.), 1871. — Ueber eine neue Bomolochiden-Gattung nebst Bemerkungen über die Mundwerkzeuge der sogenannten Poecilostomen. —*Inaug. Diss. Univ. Göttingen,* pp. 1-31.

Wilson (C.B.), 1911. — North American parasitic copepods belonging to the family Ergasilidae. — *Proc. U.S. Nat. Mus., 39 :* 263-400.

— 1935. — Parasitic Copepods from the Dry Tortugas. — *Papers Tortugas Lab., 29 :*329-347.

Yamaguti (S.), 1939. — Parasitic Copepods from fishes of Japan. Part 4 : Cyclopoida, II. — *Volumen jubilare pro Prof. Sadao Yoshida, 2 :* 391-415.

— 1954. — Parasitic Copepods from fishes of Celebes and Borneo. —*Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 3 :* 375-398.

MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Série F. — Tome III. — 1959

COPEPODES CYCLOPOIDES DU GENRE PREHERRMANNELLA PARASITES D'HOLOTHURIES ET D'UN OURSIN A MADAGASCAR

par

Arthur G. HUMES et Roger F. CRESSEY (*)

Au cours d'une visite de six semaines à Nossi-Bé, Madagascar, le premier auteur a recueilli plusieurs Echinodermes, dont l'Oursin *Diadema setosum* (Leske) et vingt espèces d'Holothuries : *Actinopyga echinites* (Jaeger), *A. mauritiana* (Quoy et Gaimard), *A. sp.*, *Bohadschia Cousteaui* Cherbonnier, *B. Köllikeri* (Semper), *B. Drachi* Cherbonnier, *B. sp.*, *Halodeima edulis* (Lesson), *H. atra* (Jaeger), *Holothuria pardalis* Selenka, *H. curiosa* Ludwig, *H. leucospilota* (Brandt), *H. rugosa* Ludwig, *H. impatiens* Forskal, *Opheodesoma grisea* (Semper), *Stichopus variegatus* Semper, *S. monotuberculatus* (Quoy et Gaimard), *S. chloronotus* Brandt, *Synapta maculata* (Chamisso et Eysenhardt) et *Thelenota ananas* (Jaeger). Plusieurs espèces de *Preherrmanella* Sewall 1949, comme décrites ci-dessous, ont été trouvées sur la surface du corps de ces Echinodermes.

Pour recueillir les Copépodes on a mis les Holothuries, aussitôt qu'elles sont prises dans leurs habitats, dans un bocal d'eau de mer qui a été filtrée pour enlever les Copépodes libres. Une quantité d'alcool suffisante pour tuer les Copépodes (5-10 pour cent) a été ajoutée. Après un rinçage doux pendant plus ou moins une demi-heure, les Copépodes parasites, tombés de leurs hôtes, ont été trouvés dans le sédiment au fond du bocal.

Nous désirons exprimer nos remerciements à R. Paulian, Directeur adjoint de l'I. R. S. M., qui a rendu possible le séjour à Nossi-Bé, à P. Fourmanoir, de la Station Océanographique de Nossi-Bé, qui a aidé grandement aux récoltes, et à G. Cherbonnier, du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, qui a déterminé les Echinodermes.

Le travail à Madagascar a été rendu possible par une bourse accordée au premier auteur par la Fondation Guggenheim et par une bourse du Programme des Recherches et des Etudes Africaines de l'Université

(*) Department of Biology, Boston University, Boston, Mass., U.S.A.

de Boston. L'étude subséquente au laboratoire a été aidée par des bourses de la Fondation Nationale de Science des Etats-Unis.

Preherrmannella idonea n. sp.

Spécimens étudiés. — 451 femelles et 206 mâles de sept *Halodeima atra* (Jaeger) découverts à marée basse à Pointe Lokobe, Nossi-Bé, le 13 juin 1955. Holotype, allotype, et 150 paratypes (100 femelles et 50 mâles) déposés à l'I.R.S.M. à Tananarive, le même nombre de paratypes au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris et au Muséum National des Etats-Unis à Washington, et les autres paratypes dans la collection des auteurs.

Autres spécimens. — 2 femelles d'un *Actinopyga echinites* (Jaeger) à Pointe Lokobe, Nossi-Bé, le 16 juin 1955 et 3 femelles et 14 mâles d'un *Holothuria leucospilota* (Brandt) découvert à marée basse à Pointe Lokobe, le 8 juillet 1955 ; 6 femelles de la surface du corps de 71 *Diadema setosum* (Leske) d'un mètre de profondeur à marée basse en face de la Station Océanographique à Nossi-Bé, le 14 juin 1955.

Femelle. — Conformation du corps comme sur la fig. 1. Longueur totale, y compris les rames caudales, 1,234 mm (1,116-1,330 mm), largeur 0,549 mm (0,516-0,600 mm), observations basées sur dix spécimens. Segment portant la première patte séparé de la tête par un sillon transverse. Surface dorsale de la tête sans poils. Segments thoraciques comme sur la figure, avec les angles postérieurs du deuxième et troisième arrondis. Segment de la cinquième patte étroit en avant, élargi en arrière. Segment génital (fig. 1) avec des ailes latérales dans sa moitié postérieure, 140 μ de large antérieurement, 224 μ de large postérieurement, et 154 μ de long. Attachements des sacs ovigères situés sur les bords postérieurs des ailes et montrant des rangées de poils (fig. 15). Abdomen 3-segmenté, les segments 60, 54, et 61 μ de long respectivement. Sacs ovigères 288 × 144 μ, avec environ 75 œufs, s'étendant jusqu'aux extrémités des rames caudales.

Rostre non développé. Première antenne (fig. 2) 8-articulée, les articles 48, 140, 6, 24, 66, 40, 25, et 23 μ de long respectivement. Troisième article très court (fig. 3) mais distinct. Un organe sensoriel sur le sixième et le huitième article.

Deuxième antenne (fig. 4) 4-articulée, le premier article court avec une seule soie; le deuxième allongé avec une seule soie; le troisième court avec une épine recourbée à base bien sclérifiée, trois soies minces, et une rangée de petites épines; et le quatrième court avec sept soies nues.

Labre (fig. 5) échancré au milieu, les deux lobes délicatement

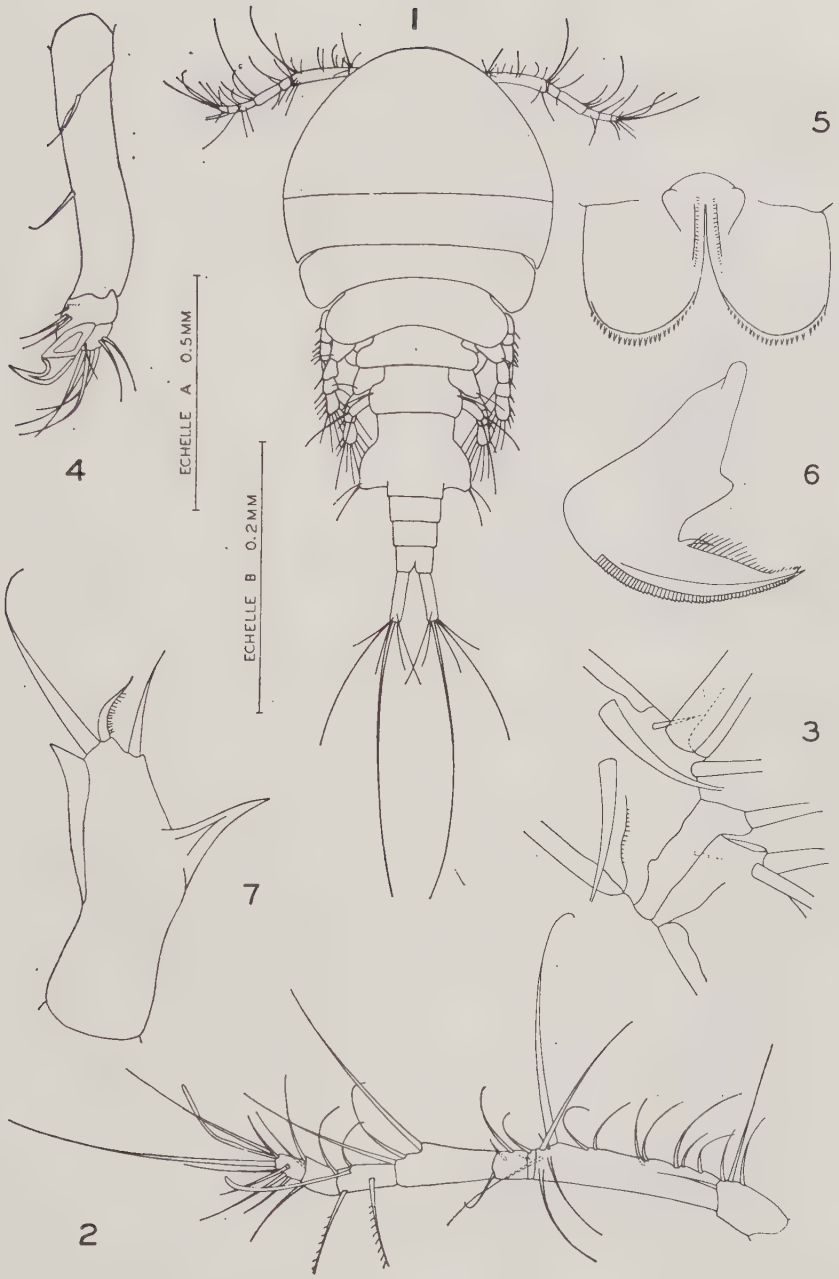


Fig. 1 à 7. — *Preherrmannella idonea* n. sp., femelle. — 1, Vue dorsale (A). 2, Première antenne (B). 3, Troisième article de la première antenne (C). 4, Deuxième antenne (B). 5, Labre (D). 6, Mandibule (D). 7, Première maxille (C) (*).

(*) Toutes les figures ont été dessinées à la chambre claire. La lettre après l'explication de chaque figure se réfère à l'échelle à laquelle elle a été dessinée.

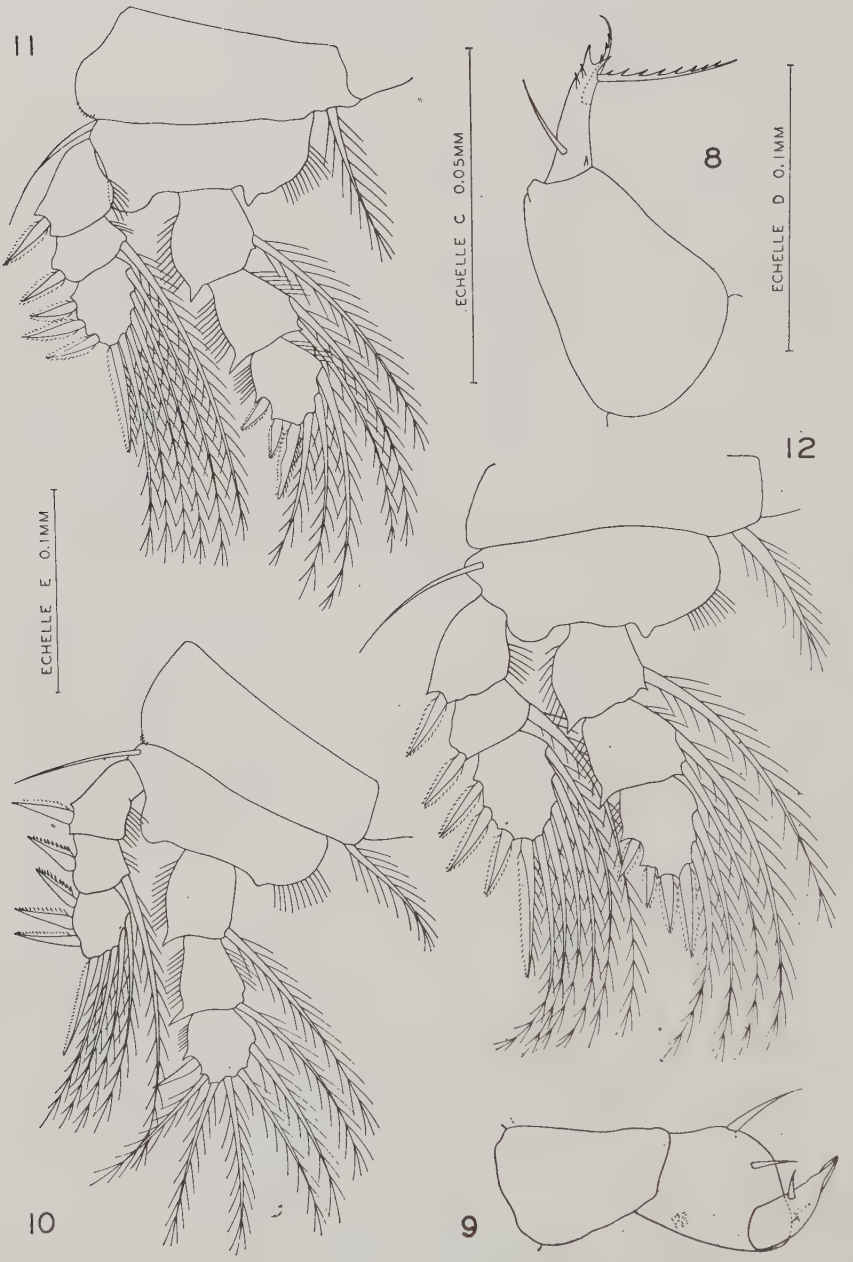


Fig. 8 à 12. — *Preherrmannella idonea* n. sp., femelle (suite). — 8, Deuxième maxille (D). 9, Maxillipède (D). 10, Première patte (E). 11, Deuxième patte (E). 12, Troisième patte (E).

frangés avec de petites épines. Mandibule (fig. 6) recourbée, le bord externe de la lamelle ayant une rangée de dents rectangulaires, le bord interne ayant un processus sous forme d'une soie et d'une rangée de poils. Extrémité finement bifurquée, sans flagelle. Paragnathe en lobe arrondi analogue à celui de l'espèce suivante. Première maxille (fig. 7) d'un seul article ayant un processus court, spiniforme à l'angle distal, trois soies à l'extrémité, et un processus long spiniforme latéral. Deuxième maxille (fig. 8) 2-articulée, le premier article relativement agrandi et nu, le deuxième allongé et mince, bifurqué à l'extrémité, et ayant un flagelle, deux soies longues, et de très petites soies comme indiqué sur la figure. Maxillipède (fig. 9) 3-articulé, le premier article inerme, le deuxième avec deux soies et un groupe de très petites épines, le troisième armé de deux épines et avec son extrémité atténuée et portant une lamelle étroite. Région orale comme chez l'espèce suivante.

Toutes les rames des pattes 1-4 tri-articulées. Première patte (fig. 10) avec le dernier article de l'endopodite ayant une épine et cinq soies plumeuses, celui de l'exopodite avec quatre épines et quatre soies. Deuxième patte (fig. 11) avec l'endopodite ayant deux soies internes sur le deuxième article et trois épines et trois soies sur le troisième, et avec l'exopodite ayant quatre épines et cinq soies sur le dernier article. Troisième patte (fig. 12) très analogue aux deux premières mais ayant quatre épines (22, 20, 30, et 46 μ de long) et deux soies sur le dernier article de l'endopodite. Quatrième patte (fig. 13) avec l'exopodite ayant trois épines et cinq soies sur le dernier article et avec l'endopodite ayant une soie plumeuse courte interne sur les deux premiers articles et cinq soies frangées sur le dernier article. Soie interne du coxopodite très petite et nue.

Formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme suit :

	1re patte		2e patte		3e patte		4e patte	
	exp	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*
1er article	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1
2e article	1 : 1	0 : 1	1 : 1	0 : 2	1 : 1	0 : 2	1 : 1	0 : 1
3e article	8	6	9	6	9	6	8	5

Cinquième patte (fig. 14) d'un seul article 49 × 22 μ, un de ses bords un peu concave, avec deux soies terminales de 92 et 70 μ respectivement. Soie près de la base de la patte de 50 μ de long.

Sixième patte (fig. 15) représentée par deux soies, une plus forte que l'autre et chacune de 50 μ de long, situées à l'angle postérieur externe des ailes du segment génital.

Rame caudale (fig. 16) allongée et mince, 115 × 22 μ, avec deux soies dorsales nues, une d'elles pédicellée et de 100 μ de long, l'autre

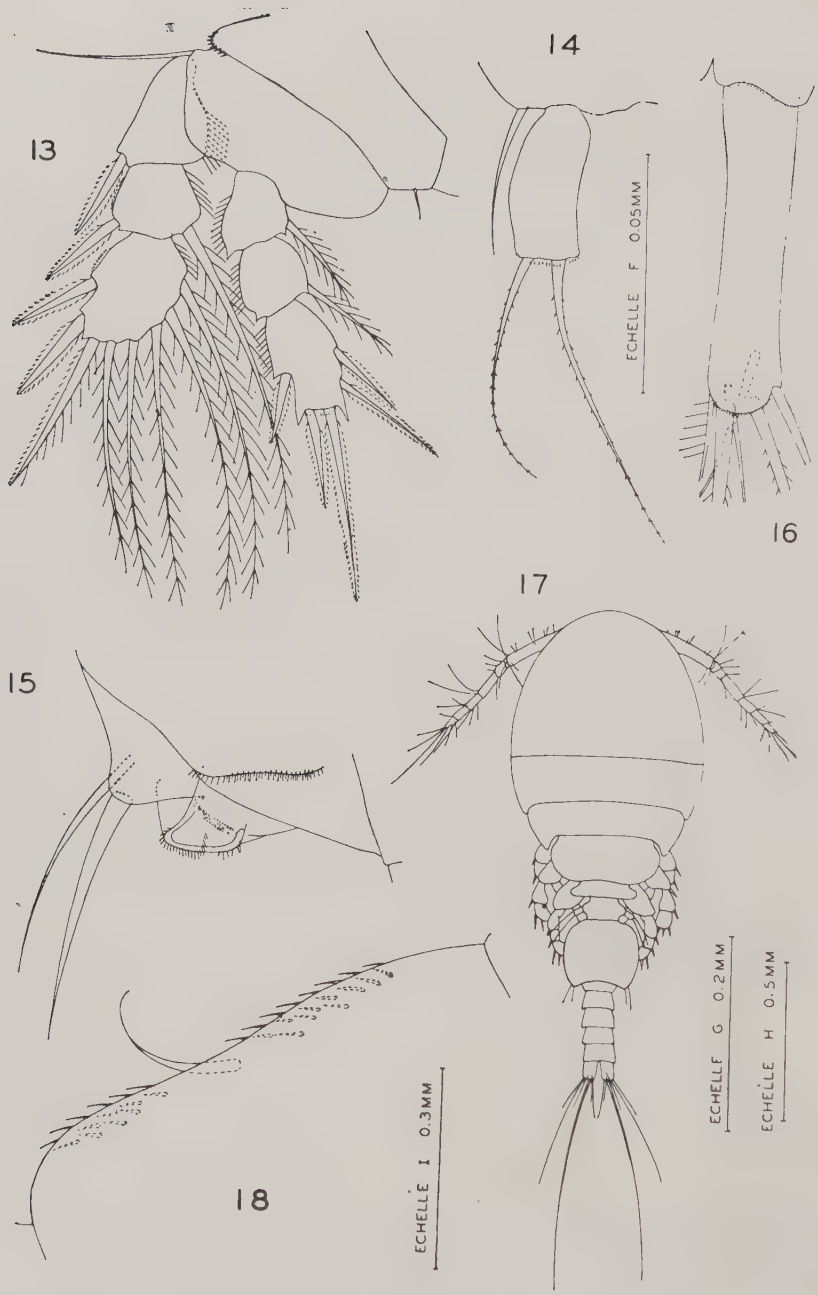


Fig. 13 à 18. — *Preherrmannella idonea* n. sp., femelle (suite). — 13, Quatrième patte (E). 14, Cinquième patte (D). 15, Sixième patte, ventrale (E). 16, Rame caudale, ventrale (D). — *Preherrmannella idonea* n. sp., mâle. — 17, Vue dorsale (I). 18, Bord interne du deuxième article de la deuxième antenne (C.)

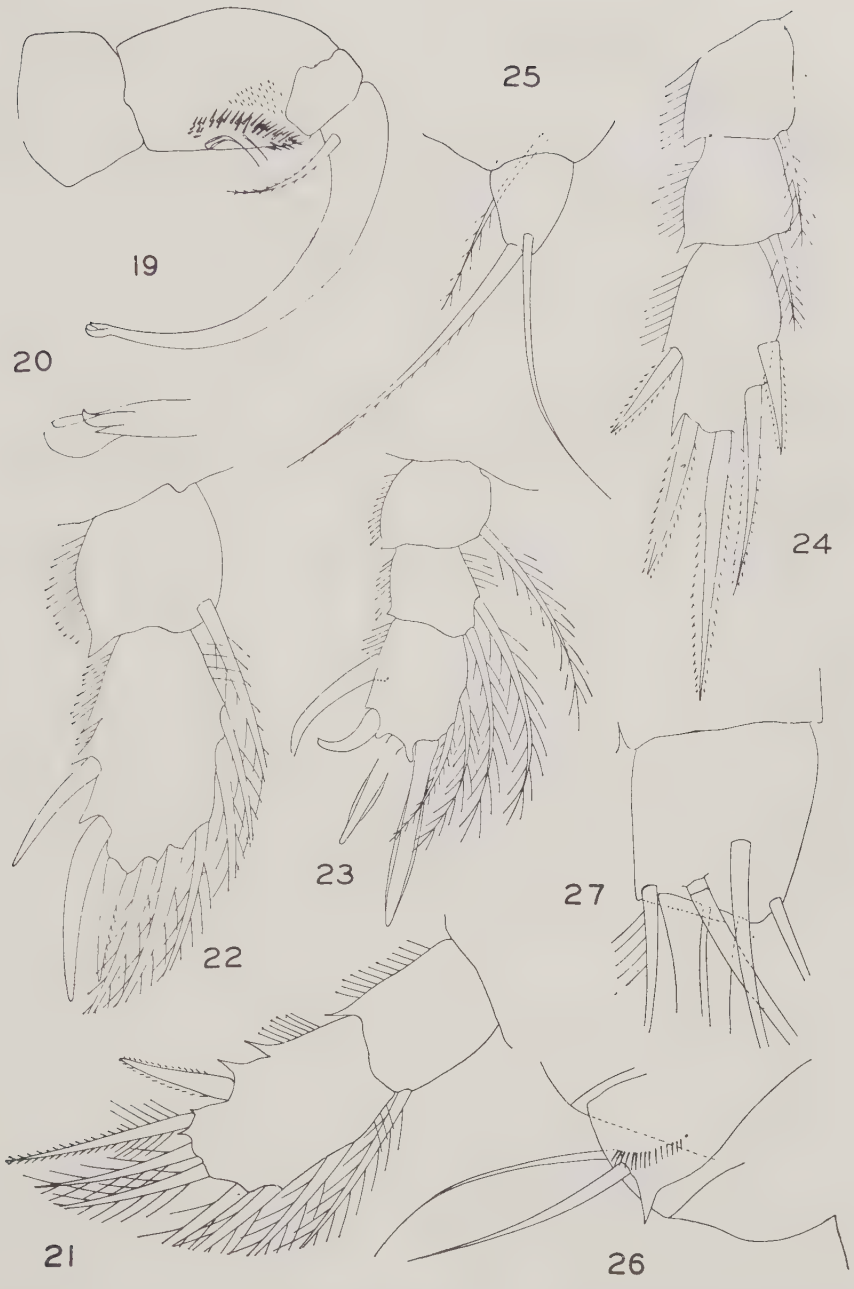


Fig. 19 à 27. — *Preherrmannella idonea* n. sp., mâle (suite). — 19, Maxillipède (D). 20, Extrémité du maxillipède (C). 21, Endopodite de la première patte (F). 22, Endopodite de la deuxième patte (F). 23, Endopodite de la troisième patte (D). 24, Endopodite de la quatrième patte (F). 25, Cinquième patte (C). 26, Sixième patte, ventrale (C). 27 Rame caudale, dorsale (C).

de 120 μ, et avec quatre soies terminales, la plus interne de 108 μ et ayant des poils latéraux près de la base, la plus externe de 102 μ et nue, les deux grandes soies entre ces deux avec des poils latéraux, l'une interne de 600 μ et l'externe de 300 μ de long. Vue ventralement, la rame porte une rangée terminale de très petites épines.

Coloration sur le vivant en lumière transmise, rougeâtre brune, l'œil rouge, les sacs ovigères bruns. (Coloration chez les individus provenant de *Diadema* rougeâtre violette).

Male. — Conformation du corps comme sur la fig. 17. Longueur totale, y compris les rames caudales, 0,715 mm (0,660-0,768 mm), largeur 0,319 mm (0,300-0,348 mm), observation basée sur sept spécimens. Segment génital légèrement plus large que long, 140 × 114 μ (voir la fig. 17). Segments abdominaux 29, 26, 24, et 31 μ de long respectivement.

Première antenne comme chez la femelle. Deuxième antenne comme chez la femelle mais ayant de petites épines hyalines sur la surface interne du deuxième article (fig. 18). Labre, mandibule, paragnathe, première maxille, et deuxième maxille comme chez la femelle. Maxillipède (fig. 19) avec le premier article inerme, la surface interne du deuxième avec deux soies, une d'elles mince, l'autre avec son tiers basal bien sclérifié, et avec des rangées irrégulières d'épines et un groupe de très petites épines près de celles-ci. Troisième article court et inerme. Quatrième article formant une griffe recourbée de 145 μ de long, ayant une soie barbelée près de sa base et montrant un petit crochet et une lamelle à son extrémité (fig. 20).

Articles et formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme suit :

	1re patte		2e patte		3e patte		4e patte	
	exp	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*
1er article	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1
2e article	1 : 1	7	1 : 1	8	1 : 1	0 : 2	1 : 1	0 : 1
3e article	8		9		9	6	8	5

Les quatre exopodites comme ceux de la femelle. Endopodite de la première patte (fig. 21) bi-articulé, robuste, et ayant deux épines sur le deuxième article. Endopodite de la deuxième patte (fig. 22) bi-articulé avec le deuxième article de 48 μ de long et ayant trois épines de 25, 37, et 24 μ de long en commençant par la proximale. Endopodite de la troisième patte tri-articulé (fig. 23) avec les deux premiers articles de l'endopodite comme chez la femelle, mais le dernier article ayant les quatre épines bien développées comme sur la figure, la

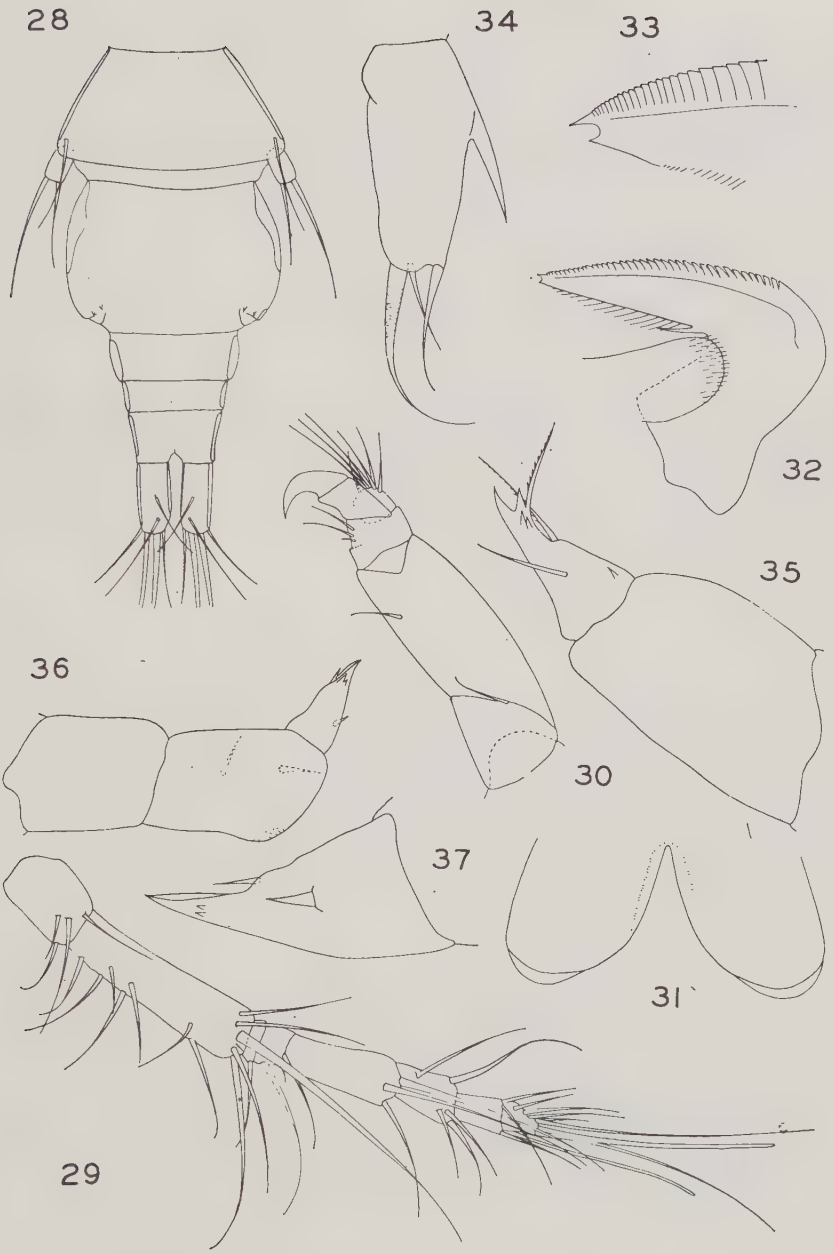


Fig. 28 à 37. — *Preherrmannella tuberata* n. sp., femelle. — 28, Segment génital et abdomen, dorsal (B). 29, Première antenne (B). 30, Deuxième antenne (B). 31, Labre (D). 32, Mandibule et paragnathe (D). 33, Extrémité de la mandibule (C). 34, Première maxille (C). 35, Deuxième maxille (D). 36, Maxillipède (D). 37, Extrémité du maxillipède (C).

deuxième de ces épines est la plus petite et recourbée. Endopodite de la quatrième patte (fig. 24) ressemblant à celui de la femelle.

Cinquième patte (fig. 25) légèrement conique, 13 × 11 μ, les deux soies terminales d'une longueur presque égale (40 μ) mais l'une plus forte que l'autre. Sixième patte (fig. 26) avec deux soies d'environ 30 μ de long, un processus spiniforme, et une rangée de poils.

Rame caudale (fig. 27) presque carrée, 25 × 28 μ, avec les six soies comme chez la femelle.

Coloration comme celle de la femelle.

(Le nom spécifique vient de *idoneus*, convenable.)

P. idonea Humes et Cressey diffère chez la femelle de *P. adduensis* Sewall 1949 et de *P. nicobarica* Sewall 1949 en ayant les rames caudales plus longues (4-5 fois plus longues que large). Chez le mâle, cette espèce diffère de *P. adduensis* par la forme du maxillipède et par la longueur de la première antenne relative au céphalon. Le mâle de *P. nicobarica* est inconnu.

Preherrmannella tuberata n.sp.

Spécimens étudiés. — 251 femelles et 297 mâles de la surface du corps de 3 Holothuries, *Bohadschia* sp., de 3 mètres de profondeur à marée basse à Pointe Lokobe, Nossi-Bé, le 23 juillet 1955. Holotype, allotype, et 100 paratypes (50 femelles et 50 mâles) déposés à l'I.R.S.M. à Tananarive, le même nombre de paratypes au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris et au Muséum National des États-Unis à Washington, et les autres paratypes dans la collection des auteurs.

Autres spécimens. — 5 femelles et 36 mâles de 2 *Bohadschia Köllikeri* (Semper) d'une profondeur d'un mètre à marée basse à Pointe Mahatsinjo, Nossi-Bé, le 22 juillet 1955; 20 femelles et 16 mâles de 3 *B. Köllikeri* de 2 mètres à Tanykely, près de Nossi-Bé, le 19 juin 1955 ; 2 femelles et 1 mâle d'un *Thelenota ananas* (Jaeger) de 2 mètres à Tanykely, le 19 juin 1955 ; 1 mâle d'un *Opheodesoma grisea* (Semper) d'un demi-mètre à Pointe Mahatsinjo, le 22 juillet 1955 ; et 1 femelle et 2 mâles d'un *Bohadschia Cousteaui* Cherbonnier à Tanykely, le 19 juin 1955.

Femelle. — Conformation du corps comme chez l'espèce précédente. Longueur totale, y compris les rames caudales, 1, 051 mm (0,960-1,164 mm), largeur 0,639 mm (0,612-0,684 mm), observation basée sur dix spécimens. Segment génital (fig. 28) plus large que long, 190 × 126 μ, avec ses bords légèrement arrondis. Attachements des

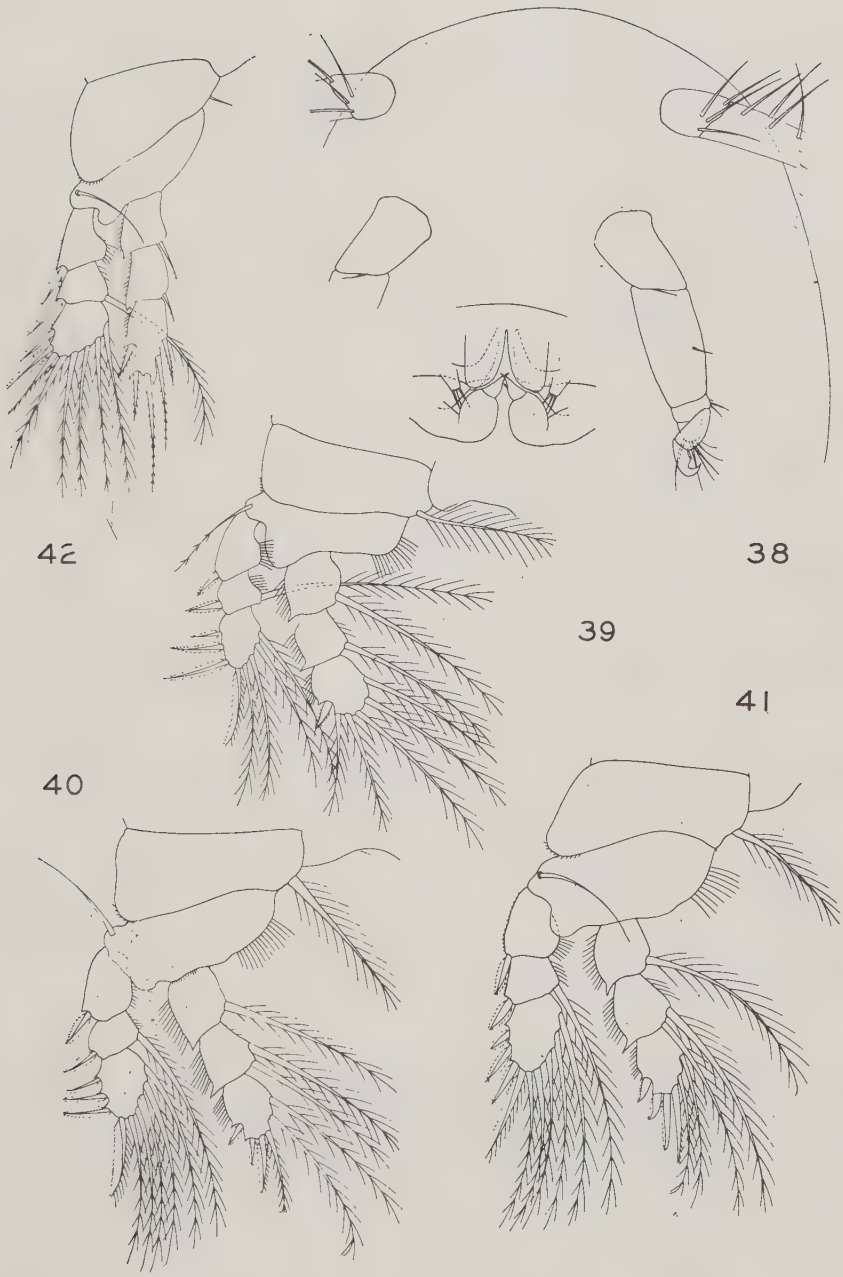


Fig. 38 à 42. — *Preherrmannella tuberata* n. sp., femelle (suite). — 38, Région orale (G). 39, Première patte (B). 40, Deuxième patte (B). 41, Troisième patte (B). 42, Quatrième patte (B).

sacs ovigères (fig. 44) dorsolatéraux près des angles postérieurs. Segments abdominaux de 32, 25, et 36 μ de long respectivement.

Sacs ovigères de 516 × 168 μ, chacun avec environ 85 œufs, au moins deux fois aussi longs que l'abdomen et les rames caudales ensemble.

Première antenne (fig. 29) avec les articles de 42, 150, 6, 18, 67, 41, 30, et 25 μ de long, avec un organe sensoriel sur les deux derniers. Deuxième antenne (fig. 29) comme sur la figure, avec une griffe recourbée bien sclérifiée. Labre (fig. 31) avec les marges des deux lobes sans épines et unies. Mandibule (fig. 32) comme sur la figure, avec son extrémité (fig. 33) bifurquée. Paragnathe (fig. 32) en lobe arrondi poilu de 20 μ de long. Première maxille (fig. 34) de 32 μ de long avec trois soies terminales et un processus latéral spiniforme hyaloïde. Deuxième maxille (fig. 35) et maxillipèdes (fig. 36 et 37) très analogues à l'espèce précédente. Région orale comme sur la fig. 38.

Articles et formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme chez l'espèce précédente. Première patte (fig. 39) et deuxième patte (fig. 40) comme sur les figures. Troisième patte (fig. 41) avec les quatre épines sur le dernier article de l'endopodite de 18, 20, 41, et 55 μ respectivement. Quatrième patte (fig. 42) avec les soies des deux premiers articles de l'endopodite petites, de 26 μ de long, ayant seulement quelques poils latéraux. Dernier article de l'endopodite allongé, de 62 μ de long.

Cinquième patte (fig. 43) 28 × 18 μ, ses deux soies terminales de 90 et 65 μ. Soie près de la base de la patte de 70 μ. Sixième patte (fig. 44) formée de deux épines égales de 13 μ de long.

Rame caudale (fig. 45) 60 × 28 μ, deux fois plus longue que large. Toutes les soies nues. Soie dorsale pédicellée de 74 μ, l'autre soie dorsale de 54 μ. Les quatre soies terminales de 62, 495, 218, et 60 μ respectivement.

Coloration sur le vivant en lumière transmise ambre pâle, l'œil sans couleur et pas en évidence, les sacs ovigères gris.

Male. — Conformation du corps comme dans l'espèce précédente. Longueur totale, y compris les rames caudales, 0,683 mm (0,660-0,708 mm), largeur 0,370 mm (0,360-0,384 mm), observation basée sur dix spécimens. Segment génital (fig. 46) plus large que long, 123 × 89 μ Segments abdominaux de 32, 25, 23, et 26 μ de long respectivement.

Première antenne (fig. 47) avec les articles de 35, 88, 5, 13, 45, 28, 14, et 14 μ de long respectivement. Deuxième antenne comme celle de la femelle, mais avec de petites écailles sur la surface interne du deuxième article (fig. 48). Labre, mandibule, paragnathe, première maxille, et deuxième maxille comme chez la femelle. Maxillipède (fig. 49) avec le premier article inerme, le deuxième avec deux soies

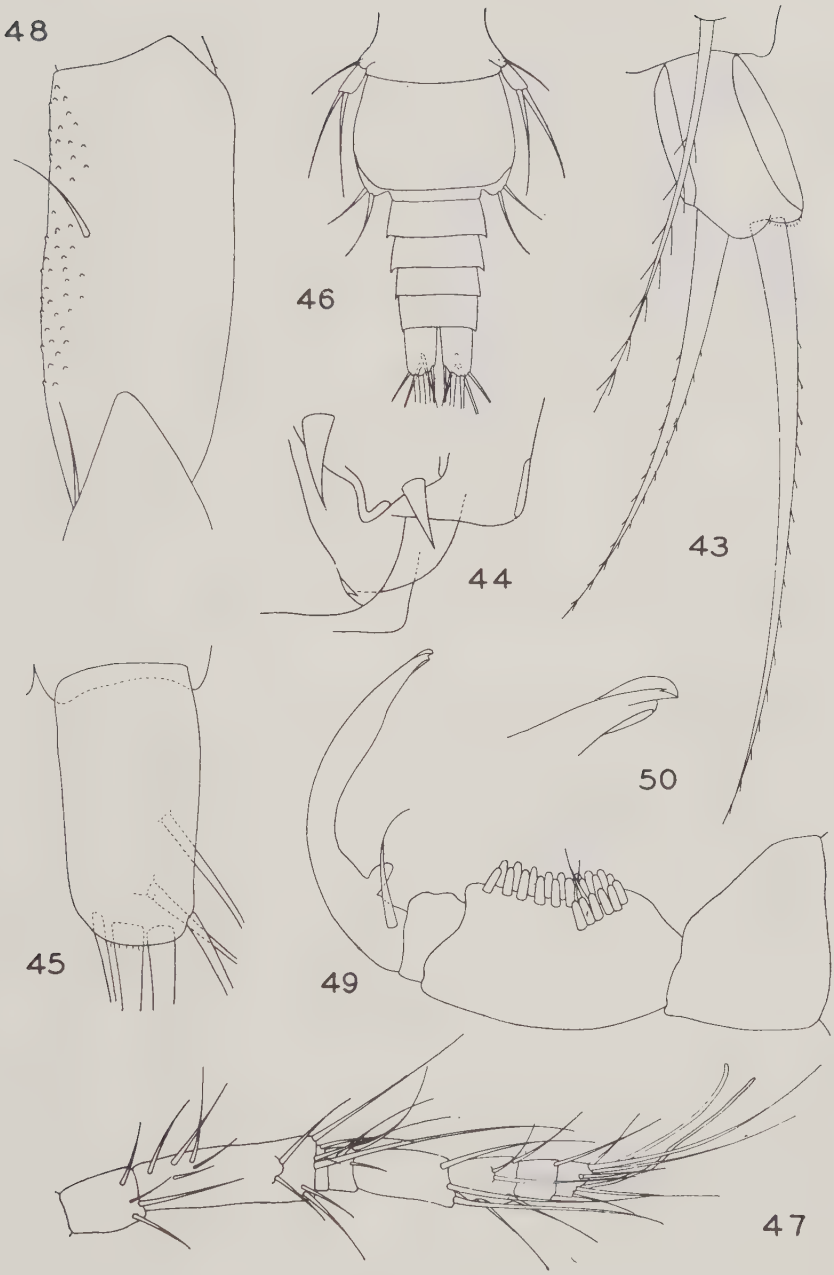


Fig. 43 à 50. — *Preherrmannella tuberata* n. sp., femelle (suite). — 43, Cinquième patte (C). 44, Sixième patte (C). 45, Rame caudale, ventrale (F). — *Preherrmannella tuberata* n. sp., mâle. — 46, Segment génital et abdomen (B). 47, Première antenne (E). 48, Deuxième article de la deuxième antenne (F). 49, Maxillipède (D). 50, Extrémité du maxillipède (C).

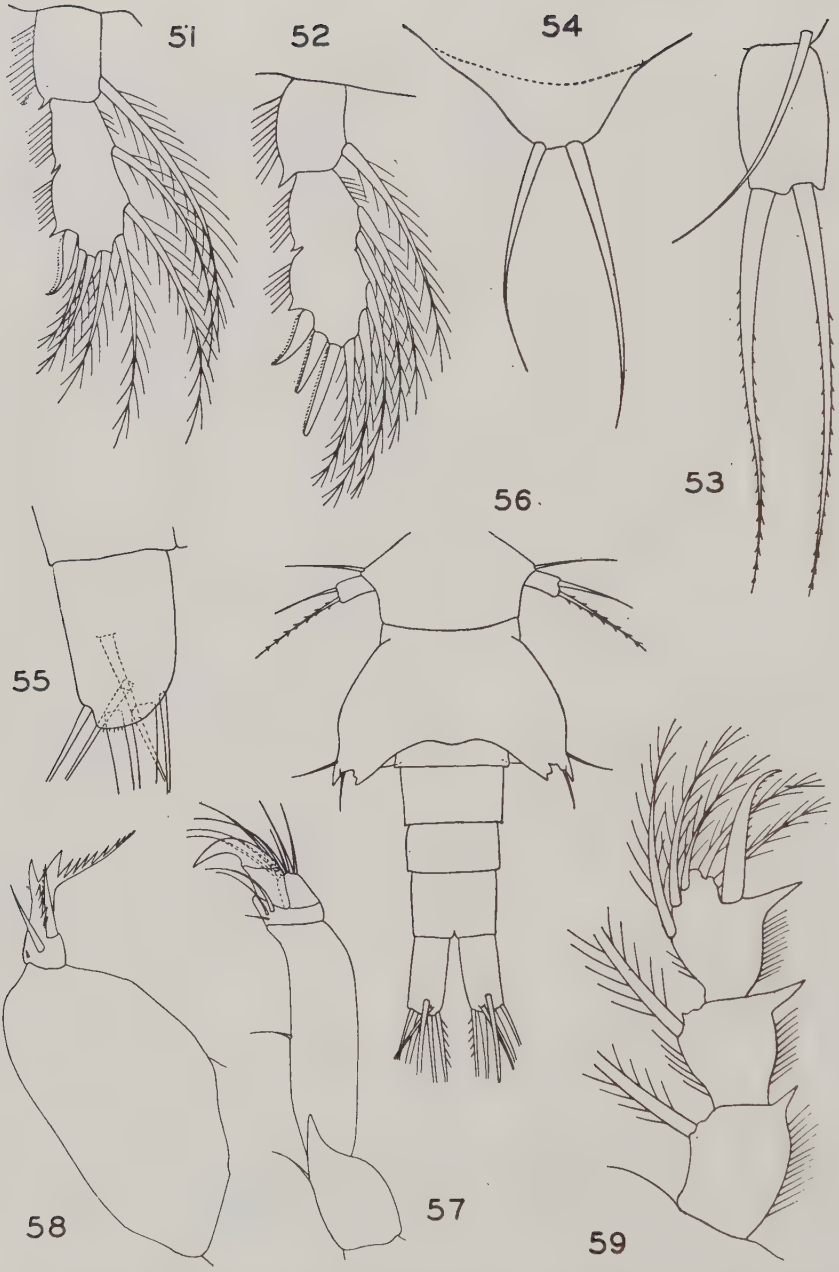


Fig. 51 à 59. — *Preherrmannella tuberata* n. sp. mâle (suite). — 51, Endopodite de la première patte (D). 52, Endopodite de la deuxième patte (D). 53, Cinquième patte (C). 54, Sixième patte (C). 55, Rame caudale, ventrale (F). — *Preherrmanella modesta* n. sp., femelle. — 56, Segment génital et abdomen, dorsal (G). 57, Deuxième antenne (B). 58, Deuxième maxille (D). 59, Endopodite de la première patte (D).

minces et des rangées d'épines larges et aplaties, le troisième court et inerme, et le dernier en forme d'une griffe de 114 μ de long portant une soie prés de sa base. Région basale de la griffe large, avec une protubérance interne digitiforme de 10 μ de long. Milieu de la griffe rétréci. Griffe légèrement renflée au delà de son milieu et son extrémité avec deux dents et des lamelles (fig. 50).

Articles et formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme chez l'espèce précédente. Première patte avec l'exopodite comme chez la femelle, mais l'endopodite (fig. 51) bi-articulé. Deuxième patte avec l'exopodite aussi comme chez la femelle, mais l'endopodite (fig. 52) bi-articulé. Troisième et quatrième pattes comme chez la femelle.

Cinquième patte (fig. 53) 24 × 13 μ, les deux soies terminales de 66 et 63 μ, et la soie près de la base de la patte de 42 μ. Sixième patte (fig. 54) représentée par deux soies de 45 et 32 μ de long.

Rame caudale (fig. 55) de 36 et 22 μ, avec deux soies dorsales et quatre soies terminales comme chez la femelle.

Coloration comme chez la femelle.

(Le nom spécifique vient de *tuberatus*, protubérant, faisant allusion au processus digitiforme sur le bord interne de la griffe du maxillipède du mâle.)

P. tuberata Humes et Cressey diffère, chez la femelle, de *P. adduensis* en ayant les bords du segment génital arrondis, de *P. nicobarica* en ayant le dernier article de la deuxième antenne plus court, et de *P. idonea* en ayant la sixième patte formée de deux soies courtes et les rames caudales seulement deux fois plus longues que larges. Chez le mâle cette espèce diffère de *P. adduensis* et de *P. idonea* en ayant une protubérance digitiforme interne sur la griffe du maxillipède. Le mâle de *P. nicobarica* reste inconnu.

Preherrmannella modesta n.sp.

Spécimens étudiés. — 77 femelles et 76 mâles de la surface d'une seule Holothurie, *Stichopus monotuberculatus* (Quoy et Gaimard), sous un rocher à marée basse à Pointe Lokobe, Nossi-Bé, le 8 juillet 1955. Holotype, allotype, et 40 paratypes (20 femelles et 20 mâles) déposés à l'I. R. S. M. à Tananarive, le même nombre de paratypes au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris et au Muséum National des Etats-Unis à Washington, et les autres paratypes dans la collection des auteurs.

Autres spécimens. — 5 femelles et 4 mâles d'un *Stichopus chloronotus* Brandt de 2 mètres à marée basse à Tanykely, près de Nossi-Bé, le 19 juin 1955 et 63 femelles et 35 mâles de 2 *S. chloronotus* d'un mètre

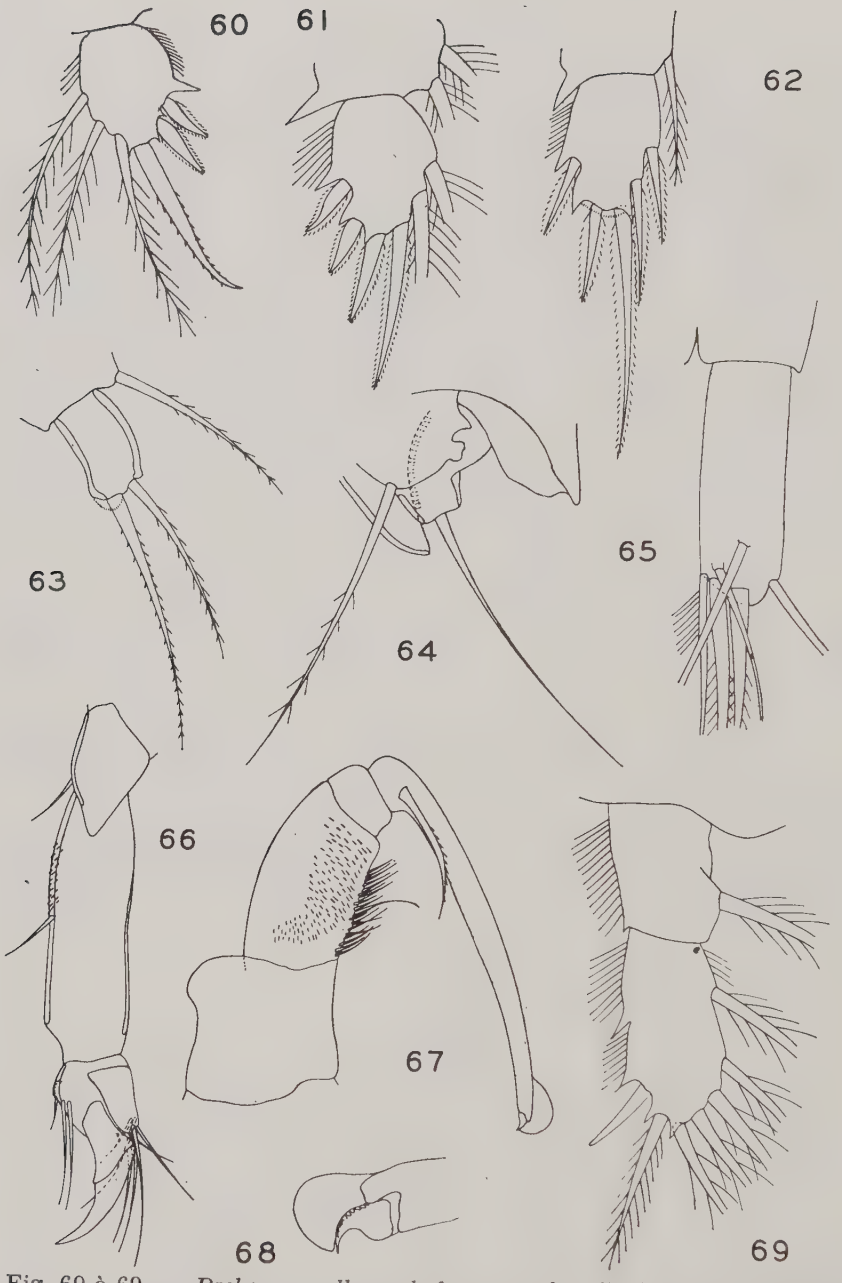


Fig. 60 à 69. — *Preherrmanella modesta* n. sp., femelle (suite). — 60, Deuxième article de l'endopodite de la deuxième patte (D). 61, Dernier article de l'endopodite de la troisième patte (D). 62, Dernier article de l'endopodite de la quatrième patte (D). 63, Cinquième patte (D). 64, Sixième patte (C). 65, Rame caudale, dorsale (D). — *Preherrmannella modesta* n. sp., mâle. — 66, Deuxième antenne (D). 67, Maxillipède (D). 68, Extrémité du maxillipède (C). 69, Endopodite de la première patte (F).

à marée basse à Pointe Lokobe, le 13 juin 1955 ; 36 femelles et 26 mâles d'un *Stichopus variegatus* Semper de 3 mètres à marée basse à Pointe Loboke, le 16 juin 1955 ; 3 femelles et 1 mâle d'un *Holothuria pardalis* Selenka à Pointe Lokobe, le 8 juillet 1955 ; et 4 femelles et 6 mâles d'un *Bohadschia Drachi* Cherbonnier à Tanykely, le 22 juin 1955.

Femelle. — Conformation du corps comme *P. idonea*. Longueur totale, y compris les rames caudales, 1,180 mm (1,056-1,248 mm), largeur 0,616 mm (0,588-0,648 mm), observation basée sur dix spécimens. Segment génital (fig. 56) plus large que long, 235 × 140 μ, ayant des ailes dorsolatérales postérieures. Attachements des sacs ovigères près des angles postérieurs du segment. Segments abdominaux de 62, 50, et 62 μ de long respectivement.

Sacs ovigères 374 × 153 μ (300-456 × 120-168 μ), chacun avec environ 100 œufs, et dépassant longuement l'extrémité de la rame.

Première antenne comme chez *P. idonea*, ayant les articles de 60, 150, 6, 27, 62, 41, 27, et 24 μ de long respectivement. Deuxième antenne (fig. 57) analogue à celle de *P. idonea*. Labre comme chez *P. tuberata*. Mandibule et paragnathe aussi très analogues à ceux de *P. tuberata*. Première maxille comme celle de *P. idonea*. Deuxième maxille (fig. 58) montrant une rangée sub-terminale de petites épines et ayant la soie du bord du dernier article relativement courte. Maxillipède et région orale comme chez *P. tuberata*.

Articles et formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme chez les deux espèces précédentes. Première patte avec l'exopodite comme chez *P. tuberata*, mais l'endopodite (fig. 59) ayant les prolongements spiniformes très longs aux angles distaux externes des articles. Deuxième patte comme chez *P. tuberata*, mais les épines du troisième article de l'endopodite (fig. 60) un peu différentes. Troisième patte comme celle de *P. tuberata*, mais les épines du troisième article de l'endopodite (fig. 61) aussi un peu différentes. Quatrième patte comme chez *P. tuberata*, mais l'endopodite ayant des petites soies plumeuses de 48 μ de long sur les bords internes des deux premiers articles et les cinq soies frangées du dernier article (fig. 62) de 37, 50, 85, 43 et 32 μ de long respectivement, en commençant par la plus interne.

Cinquième patte (fig. 63) 37 × 21μ, les deux soies terminales de 102 et 72 μ, et la soie près de la base de la patte de 78 μ de long. Sixième patte (fig. 64) formée de deux soies longues de 54 μ.

Rame caudale (fig. 65) 84 × 31 μ, plus de deux fois plus longue que large, ayant les soies comme chez *P. idonea*.

Coloration sur le vivant en lumière transmise, transparente, l'œil rouge, les sacs ovigères opaques.

Male. — Conformation du corps comme chez les deux espèces

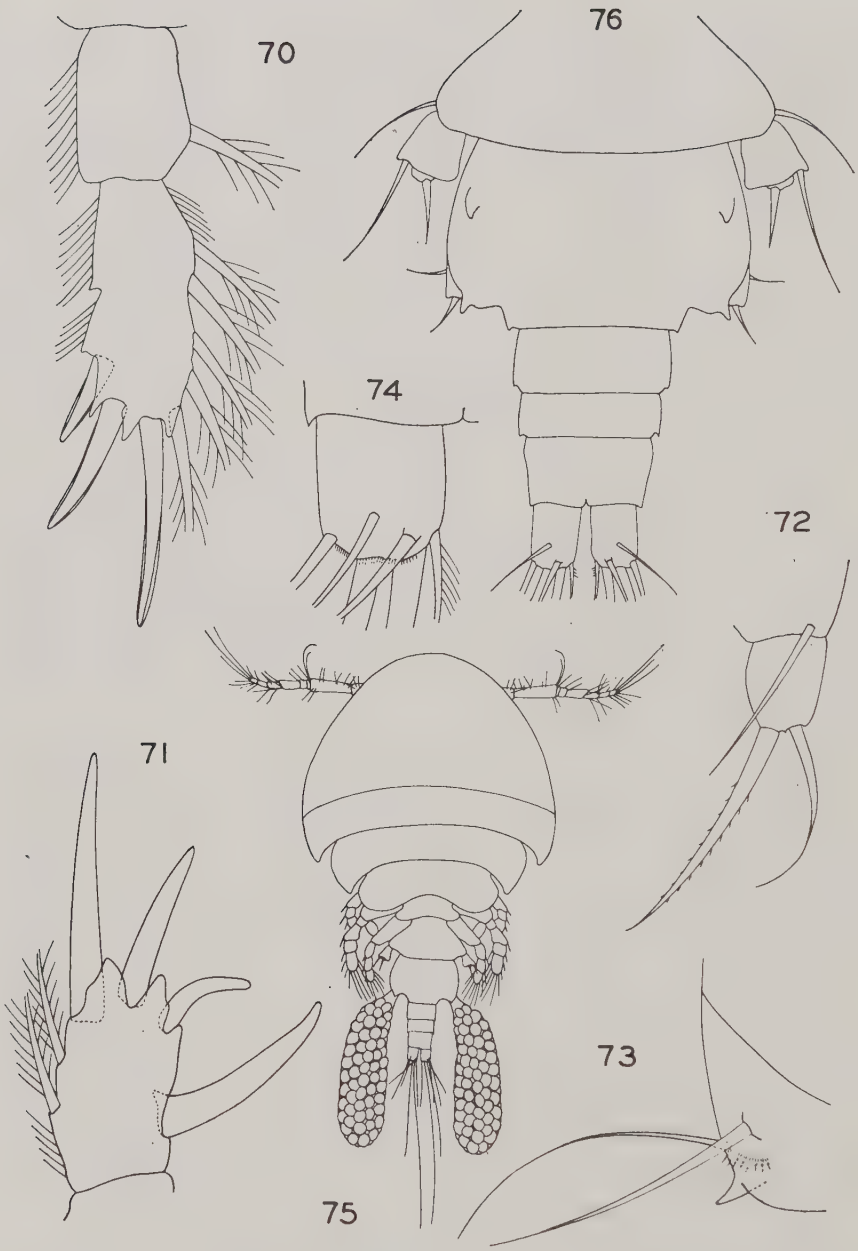


Fig. 70 à 76.— *Preherrmannella modesta* n. sp., mâle (suite). — 70, Endopodite de la deuxième patte (F). 71, Dernier article de l'endopodite de la troisième patte (F). 72, Cinquième patte (C). 73, Sixième patte, dorsale (C). 74, Rame caudale, dorsale (C). — *Preherrmannella campanulipes* n. sp., femelle. — 75, Vue dorsale (H). 76, Segment génital et abdomen, dorsal (B).

précédentes. Longueur totale, y compris les rames caudales, 0,580 mm (0,540-0,612 mm), largeur 0,301 mm (0,288-0,312 mm), observation basée sur dix spécimens. Segment génital comme celui de *P. tuberata*, plus large que long, 114 × 90 µ. Segments abdominaux de 20, 23, 19, et 23 µ de long respectivement. Première antenne analogue à celle de *P. idonea*, mais ayant un organe sensoriel sur les trois derniers articles et deux soies avec des poils latéraux sur le dernier article. Deuxième antenne (fig. 66) comme celle de la femelle mais portant de très petites épines sur la surface interne du deuxième article. Labre, mandibule, paragnathe, première maxille, et deuxième maxille comme chez *P. tuberata*. Maxillipède (fig. 67) avec le premier article inerme, le deuxième avec deux soies minces et des rangées d'épines minces, de 15 µ de long, sur son bord interne et de petites épines sur sa surface. Troisième article court et inerme. Quatrième en forme d'une griffe de 144 µ de long, ayant une soie près de sa base. Griffe de presque la même largeur dans toute sa longueur, se terminant en un petit crochet et une lamelle très élargie (fig. 68).

Articles et formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme chez les deux espèces précédentes. Première patte avec l'exopodite comme chez la femelle, mais l'endopodite comme indiqué sur la fig. 69. Deuxième patte aussi avec l'exopodite comme chez la femelle, mais l'endopodite (fig. 70) ayant les trois épines sur le dernier article avec des lamelles très étroites. Troisième patte avec l'exopodite et les deux premiers articles de l'endopodite comme chez la femelle, mais le dernier article de l'endopodite (fig. 71) avec les quatre épines fortes et nues, la deuxième épine la plus petite et recourbée. Quatrième patte comme chez la femelle.

Cinquième patte (fig. 72) 13 × 9 µ, une des deux soies terminales plus forte que l'autre et de 43 µ de long. Sixième patte (fig. 73) avec deux soies de 35 µ de long.

Rame caudale (fig. 74) presque carrée, 24 × 20 µ, ayant les six soies ordinaires.

Coloration comme sur la femelle.

(Le nom spécifique vient de *modestus*, modeste.)

P. modesta Humes et Cressey semble être très voisin de *P. adduensis* mais en diffère chez la femelle en étant légèrement plus petite et en ayant le dernier article de la deuxième antenne très court. La femelle diffère de *P. nicobarica* et de *P. idonea* par la longueur des rames caudales, et de *P. tuberata* en ayant les deux ailes sur le segment génital. Chez le mâle *P. modesta* diffère de ces espèces par la forme du maxillipède (excepté *P. nicobarica* où le mâle est inconnu) et par sa taille légèrement plus petite.

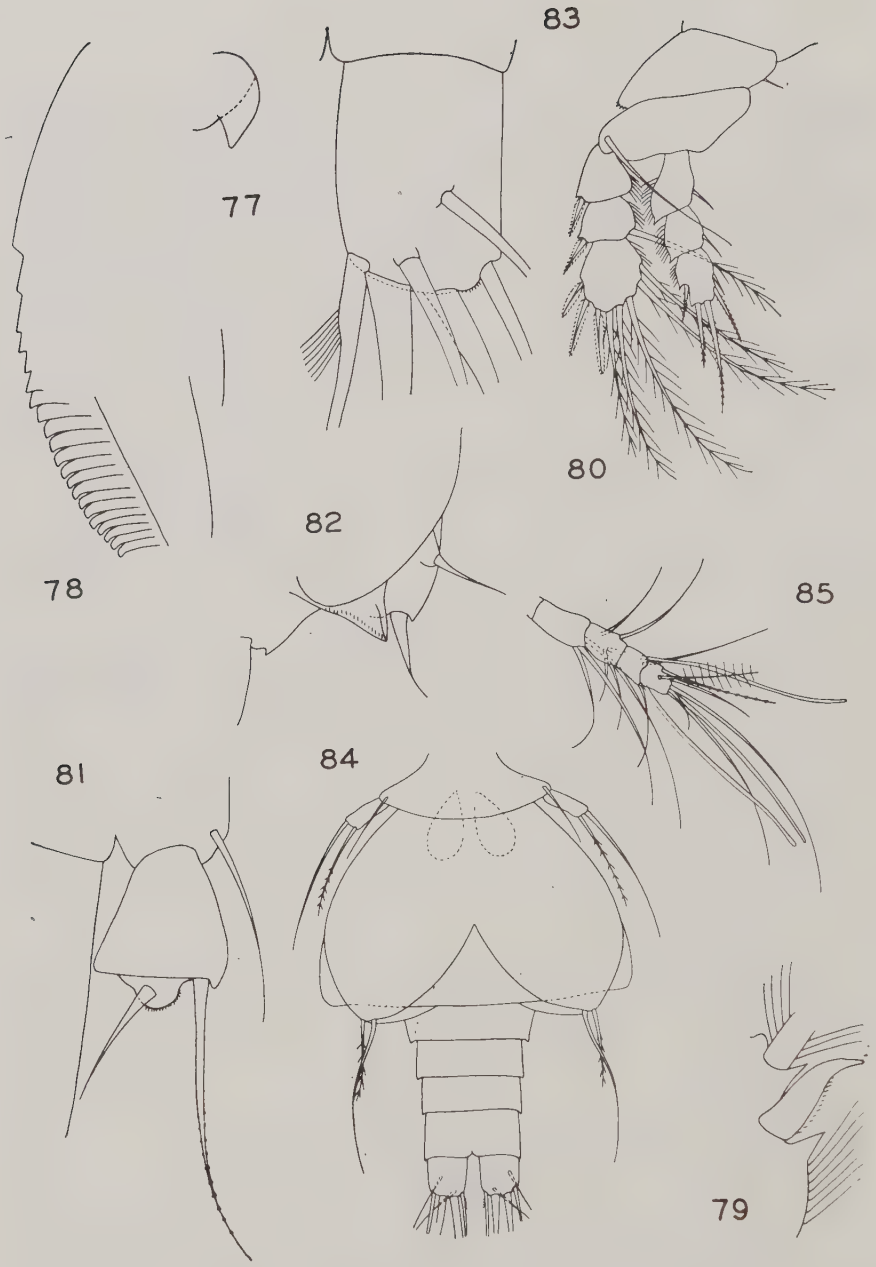


Fig. 77 à 85. — *Preherrmannella campanulipes* n. sp., femelle (suite). — 77, Protubérance dorsale sur le segment génital (C). 78, Bord de la mandibule (C). 79, Epine du troisième article de l'endopodite de la première patte (C). 80, Quatrième patte (B). 81, Cinquième patte (D). 82, Sixième patte (D). 83, Rame caudale, dorsale (F). — *Preherrmannella campanulipes* n. sp., mâle. — 84, Segment génital et abdomen, ventral (B). 85, Derniers quatre articles de la première antenne (B).

Preherrmannella campanulipes n. sp.

Spécimens étudiés. — 22 femelles et 41 mâles de deux *Actinopyga mauritiana* (Quoy et Gaimard), parmi les blocs de corail découverts à marée basse à Pointe Lokobe, Nossi-Bé, le 23 juin 1955. Holotype, allotype, et 15 paratypes (5 femelles et 10 mâles) déposés à l'I. R. S. M. à Tananarive, le même nombre de paratypes au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris et au Muséum National des Etats-Unis à Washington, et les autres paratypes dans la collection des auteurs.

Autres spécimens. — 22 femelles et 13 mâles de quatre *Actinopyga echinites* (Jaeger) d'un mètre à marée basse à Pointe Lokobe, le 16 juin 1955 ; 11 femelles et 7 mâles de six *Actinopyga mauritiana* découverts à marée basse à Nosy Fanihy, au nord de Nossi-Bé, le 17 juin 1955 ; 5 femelles et 12 mâles d'un seul *Actinopyga sp.* à Pointe Mahatsinjo, Nossi-Bé, le 21 juin 1955 ; 1 femelle d'un *Halodeima atra* (Jaeger) à Pointe Lokobe, le 13 juin 1955 ; et 1 mâle de 71 *Diadema setosum* (Leske) d'un mètre à marée basse en face de la Station Océanographique à Nossi-Bé, le 14 juin 1955.

Femelle. — Conformation du corps comme sur la fig. 75. Longueur totale, y compris les rames caudales, 1,207 mm (1, 155-1,260 mm) largeur 0,766 mm (0,700-0,805 mm), observation basée sur dix spécimens. Segment génital (fig. 76) plus large que long, 221 × 154 μ, avec deux petites protubérances dorsales (fig. 77) sur la moitié antérieure du segment. Attachements des sacs ovigères aux angles postérieurs du segment. Segments abdominaux de 47, 35, et 49 μ de long respectivement.

Sacs ovigères (fig. 75) 496 × 180 μ, avec environ 100 œufs, dépassant longuement l'extrémité des rames caudales.

Première antenne comme celle de *P. tuberata*, avec les articles de 66, 141, 6, 21, 60, 36, 26, et 26 μ de long respectivement. Deuxième antenne et le labre comme chez *P. idonea*. Mandibule comme chez *P. idonea* mais la rangée de dents précédée par une série d'entailles (fig. 78). Paragnathe comme chez *P. tuberata*. Première maxille comme chez *P. idonea*. Deuxième maxille, maxillipède, et la région orale comme chez *P. tuberata*.

Articles et formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme chez les trois espèces précédentes. Première patte comme celle de *P. tuberata*, mais l'épine sur le troisième article de l'endopodite légèrement recourbée (fig. 79). Deuxième et troisième pattes comme chez *P. tuberata*, la troisième ayant les épines terminales de l'exopodite de 22, 23, 24, et 68 μ et celles de l'endopodite de 12, 14, 28, et 50 μ de long respectivement. Quatrième patte (fig. 80) avec la soie interne du coxopodite très petite de 12 μ, et nue, et la soie externe du basipodite

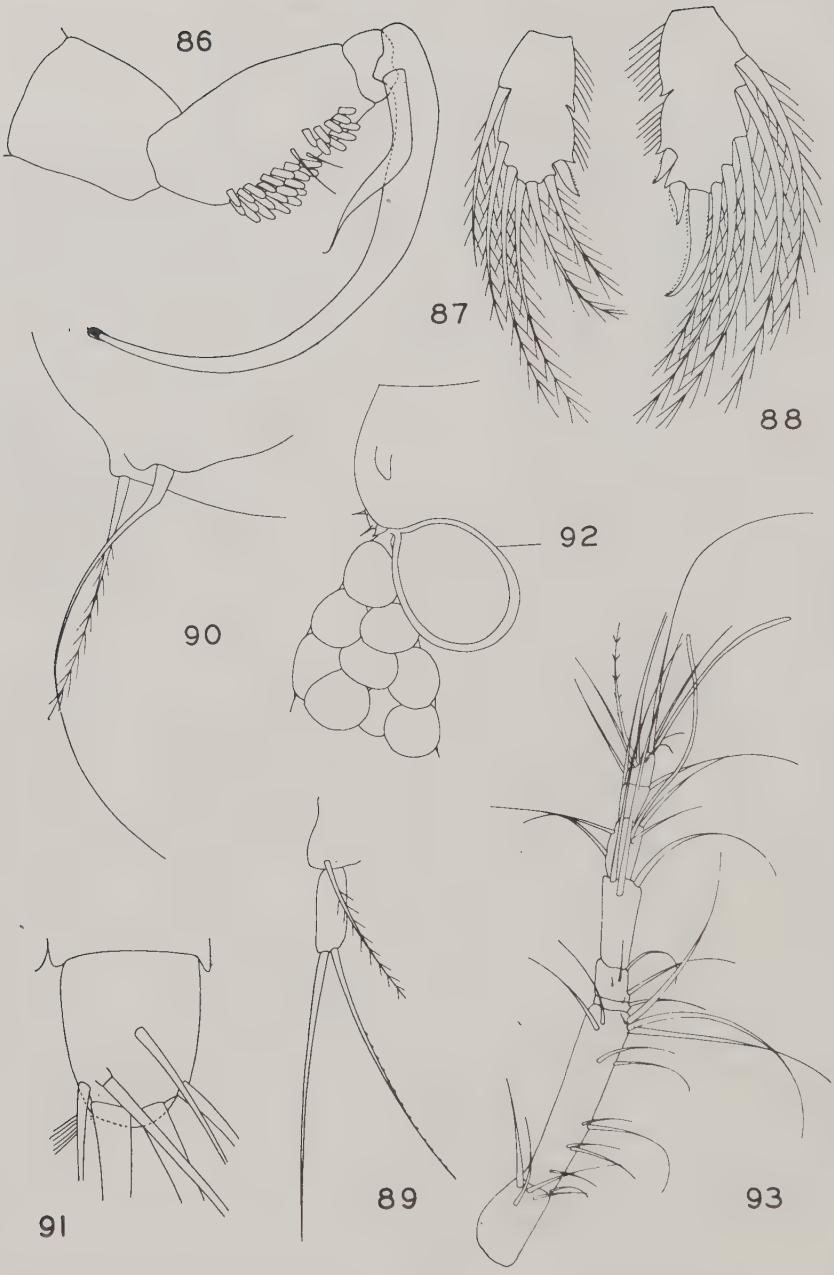


Fig. 86 à 93. – *Preherrmannella campanulipes* n. sp., mâle (suite). — 86, Maxillipède (E). 87, Deuxième article de l'endopodite de la première patte (D). 88, Deuxième article de l'endopodite de la deuxième patte (D). 89, Cinquième patte (D). 90, Sixième patte (F). 91, Rame caudale, dorsale (F). 92, Spermatophore attaché au segment génital d'une femelle (B). — *Preherrmannella subtilis* n. sp., femelle. 93, Première antenne (B).

assez longue, de 126 μ. Les soies internes des deux premiers articles et la première soie interne du dernier article de l'endopodite petites, de 18 μ de long, et nues.

Cinquième patte (fig. 81) campanuliforme, 54 × 49 μ, les deux soies terminales 110 et 50 μ, et la soie près de la base de la patte de 72 μ. Sixième patte (fig. 82) formée de deux soies d'environ 33 μ de long.

Rame caudale (fig. 83) 48 ×32 μ, avec les soies comme chez *P. modesta*, les deux soies dorsales environ de 90 μ et les quatre soies terminales de 168, 660, 360, et 146 μ de long respectivement.

Coloration sur le vivant en lumière transmise, transparente, l'œil rouge, les sacs ovigères opaques.

Male. — Conformation du corps comme chez les espèces précédentes. Longueur totale, y compris les rames caudales, 0, 807 mm (0,756-0,840 mm), largeur 0,464 mm (0,444-0,480 mm), observation basée sur dix spécimens. Segment génital (fig. 84) plus large que long, 230 × 160 μ, avec deux protubérances dorsales comme chez la femelle. Segments abdominaux de 24, 27, 24, et 32 μ de long respectivement.

Première antenne montrant un organe sensoriel sur les trois derniers articles et une soie avec des poils latéraux longs et une soie barbelée sur le dernier article (fig. 85) comme chez l'espèce précédente. Deuxième antenne comme celle de *P. tuberata*. Labre, mandibule, paragnathe, première maxille, et deuxième maxille comme chez la femelle. Maxillipède (fig. 86) avec le premier article inerme, le deuxième avec deux petites soies minces et des épines larges et obtuses, le troisième court et inerme, et le quatrième en forme d'une griffe mince longue, de 252 μ de long, ayant une soie angulaire sur sa base et son extrémité pointue avec deux petites lamelles.

Articles et formule des épines et des soies comme chez les espèces précédentes. Première patte comme celle de *P. tuberata*, mais ayant le deuxième article de l'endopodite (fig. 87) plus court et l'épine plus petite, seulement de 14 μ de long. Deuxième patte aussi comme celle de *P. tuberata*, mais le deuxième article de l'endopodite (fig. 88) plus court et les trois épines de 12, 13, et 38 μ de long respectivement. Troisième patte comme chez *P. tuberata*. Quatrième patte comme chez la femelle.

Cinquième patte (fig. 89) deux fois plus longue que large, 26 ×13 μ, les deux soies terminales de 102 et 90 μ de long, et la soie près de la base de la patte de 60 μ et plumeuse. Sixième patte (fig. 90) avec deux soies, une angulaire basalement, de 104 μ, et nue, l'autre de 50 μ et plumeuse.

Rame caudale (fig. 91) presque carrée, 32 × 29 μ, avec les six soies ordinaires.

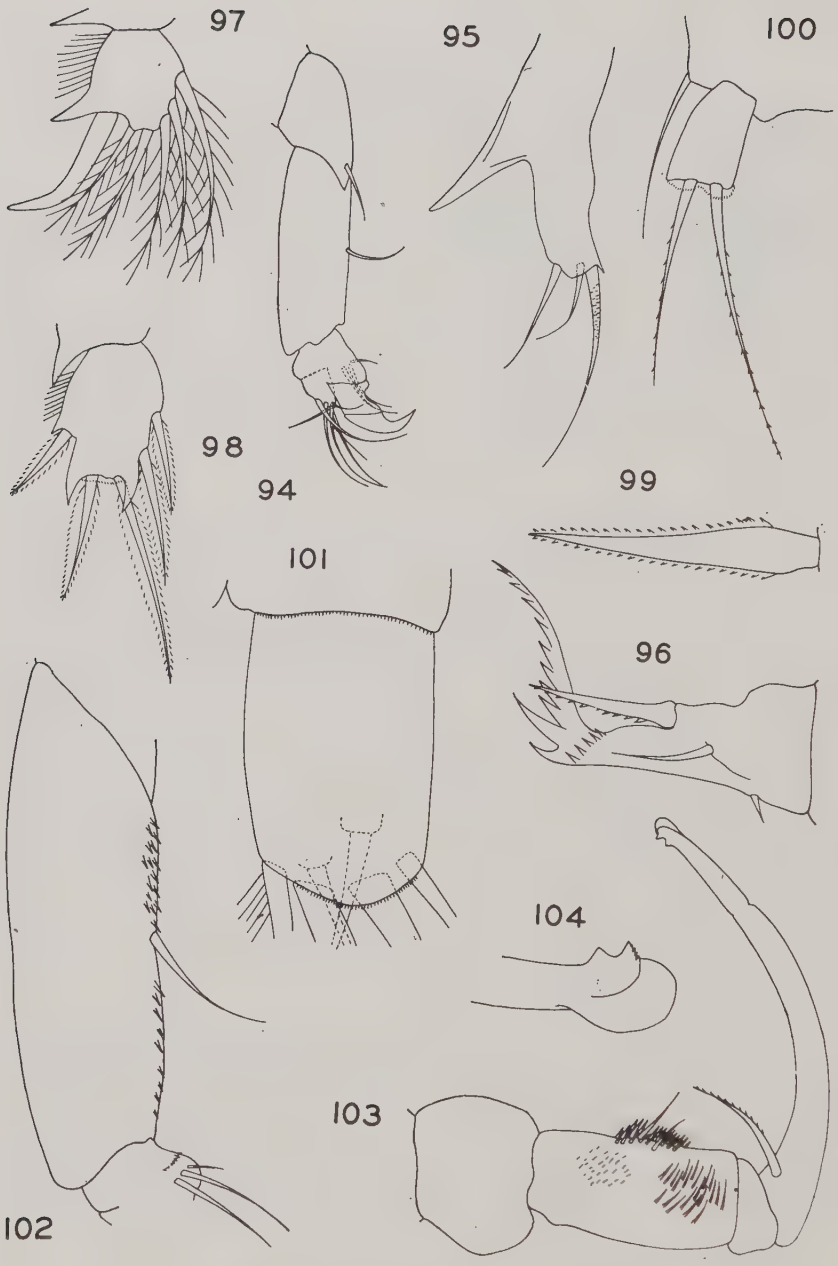


Fig. 94 à 104. — *Preherrmannella subtilis* n. sp., femelle (suite). — 94, Deuxième antenne (B). 95, Première maxille (C). 96, Deuxième article de la deuxième maxille (F). 97, Dernier article de l'endopodite de la première patte (D). 98, Dernier article de l'endopodite de la quatrième patte (D).99, Deuxième épine externe du dernier article de l'endopodite de la quatrième patte (C). 100, Cinquième patte (D). 101, Rame caudale, ventrale (F). — *Preherrmannella subtilis* n. sp., mâle. 102, Deuxième article de la deuxième antenne (F). 103, Maxillipède (D). 104, Extrémité du maxillipède (C).

Spermatophore (fig. 92) arrondi, 106 × 87 μ.

Coloration comme chez la femelle.

(Le nom spécifique vient de *campanula*, une clochette, et *pes*, un pied, faisant allusion à la forme de la cinquième patte.)

P. campanulipes Humes et Cressey diffère de toutes les espèces connues de *Preherrmannella* en ayant les deux protubérances dorsales sur le segment génital dans les deux sexes et en ayant les cinquièmes pattes campanuliformes chez les femelles.

Preherrmannella subtilis n. sp.

Spécimens étudiés. — 7 femelles et 13 mâles de huit *Halodeima edulis* (Lesson) découverts à marée basse à Pointe Mahatsinjo, Nossi-Bé, le 21 juin 1955. Holotype, allotype, et 6 paratypes (2 femelles et 4 mâles) déposés à l'I. R. S. M. à Tananarive, le même nombre de paratypes au Muséum National des Etats-Unis à Washington, et les autres paratypes dans la collection des auteurs.

Autres spécimens. — 1 femelle et 1 mâle d'un *Opheodesoma grisea* (Semper) à Pointe Mahatsinjo, le 22 juillet 1955 ; 1 femelle et 1 mâle d'un *Holothuria curiosa* Ludwig à Nossi-Bé, le 20 juillet 1955.

Femelle. — Conformation du corps comme chez les autres espèces du genre. Longueur totale, y compris les rames caudales, 1,164 mm (0,984-1,260 mm), largeur 0,636 mm (0,600-0,660 mm), observation basée sur six spécimens. Segment génital plus large que long 252 × 156μ avec des ailes postérieures latérales comme chez *P. modesta*. Segments abdominaux de 60, 48, et 60 μ de long respectivement.

Sacs ovigères 480 × 180 μ, avec environ 75 œufs, dépassant longuement l'extrémité des rames.

Première antenne (fig. 93) avec les articles de 54, 145, 6, 27, 64, 40, 28, et 26 μ de long respectivement. Deuxième antenne comme sur la fig. 94. Labre comme chez *P. idonea*. Mandibule et paragnathe comme chez *P. tuberata*. Première maxille (fig. 95) ayant un processus latéral bien développé et un très petit processus spiniforme à l'angle distal. Deuxième maxille avec le deuxième article comme sur la fig. 96. Maxillipède et région orale comme chez *P. tuberata*.

Articles et la formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme chez les espèces précédentes. Exopodites de ces pattes comme ceux de *P. modesta*. Endopodite de la première patte ayant une épine recourbée sur le dernier article (fig. 97). Endopodites des pattes 2 et 3 comme chez *P. modesta*. Endopodite de la quatrième patte avec les cinq épines du dernier article (fig. 98) frangées de petites épines (fig. 99).

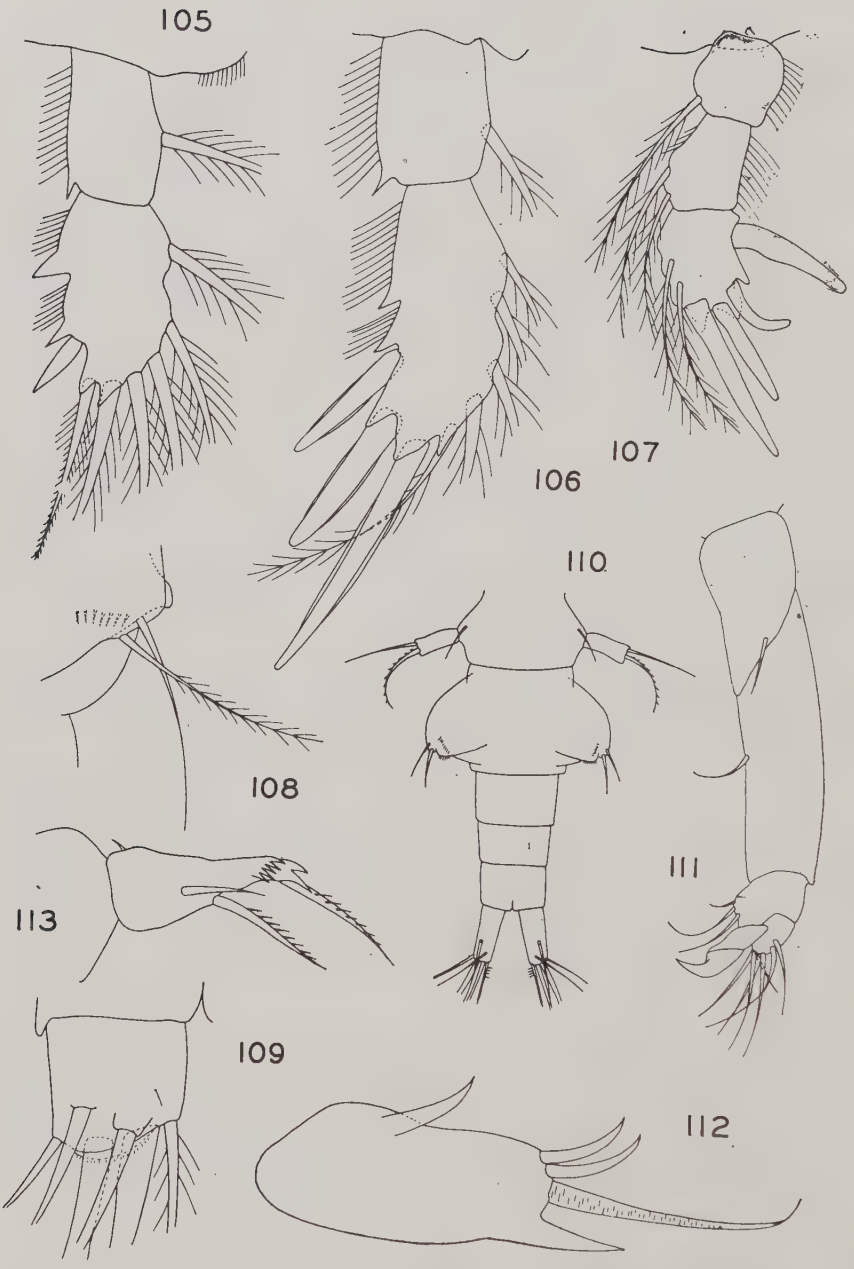


Fig. 105 à 113. — *Preherrmannella subtilis* n. sp., mâle (suite). — 105, Endopodite de la première patte (F). 106, Endopodite de la deuxième patte (F). 107, Endopodite de la troisième patte (D). 108, Sixième patte (C). 109, Rame caudale, dorsale (C). — *Preherrmannella subgrandis* n. sp., femelle. — 110, Segment génital et abdomen, dorsal (I). 111, Deuxième antenne (B). 112, Première maxille (C). 113, Deuxième article de la deuxième maxille (D).

Cinquième patte (fig. 100) 36 × 23 μ, les deux soies terminales de 100 et 79 μ de long. Sixième patte comme chez *P. modesta.*

Rame caudale (fig. 101) 60 × 36 μ, avec six soies comme chez les autres espèces du genre, les deux dorsales de 140 et 280 μ, les quatre terminales de 182, 684, 540, et 196 μ de long.

Coloration sur le vivant en lumière transmise, transparente, l'œil rouge, les sacs ovigères opaques.

Male. — Conformation du corps comme chez les espèces précédentes. Longueur totale, y compris les rames caudales, 0,606 mm (0,576-0,672 mm), largeur 0,324 mm (0,312-0,348 mm), observation basée sur quatre spécimens. Segment génital conformé comme chez *P. tuberata*, plus large que long, 122 × 110 μ. Segments abdominaux de 19, 19, 19 et 20 μ de long.

Première antenne comme celle de la femelle, mais ayant une des soies du pénultième article en forme d'organe sensoriel. Deuxième antenne avec des épines sur la surface interne du deuxième article (fig. 102). Labre, mandibule, paragnathe, première maxille, et deuxième maxille comme chez la femelle. Maxillipède (fig. 103) avec le premier article inerme, le deuxième ayant sur sa surface interne les deux soies ordinaires et des rangées d'épines courtes (8 μ de long) et assez fortes, et montrant d'autres groupes de petites épines comme indiqué. Troisième article court et inerme. Quatrième article en forme d'une griffe de 152 μ de long, ayant une soie barbelée près de sa base et montrant une petite entaille entre les deux quarts distaux. Extrémité de la griffe (fig. 104) avec deux dents et une lamelle large. Région orale comme chez les espèces précédentes.

Articles et formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme chez les espèces précédentes. Première patte avec l'exopodite comme chez *P. modesta*, mais l'endopodite (fig. 105) avec deux épines sur le deuxième article. Deuxième patte aussi avec l'exopodite comme chez *P. modesta*, mais l'endopodite (fig. 106) ayant les trois épines de 27, 34, et 55 μ de long respectivement. Troisième patte avec l'exopodite comme chez *P. modesta* et l'endopodite (fig. 107) très analogue à cette espèce. Quatrième patte comme chez la femelle.

Cinquième patte comme celle de *P. modesta*, 14 × 9 μ, avec la longue soie terminale un peu moins forte. Sixième patte (fig. 108) formée de deux soies, une d'elles plumeuse.

Rame caudale (fig. 109) presque carrée, 20 × 21 μ, avec les six soies ordinaires comme chez la femelle.

Coloration comme chez la femelle.

(Le nom spécifique vient de *subtilis*, raffiné, délicat.)

P. subtilis Humes et Cressey diffère chez la femelle de *P. adduensis*

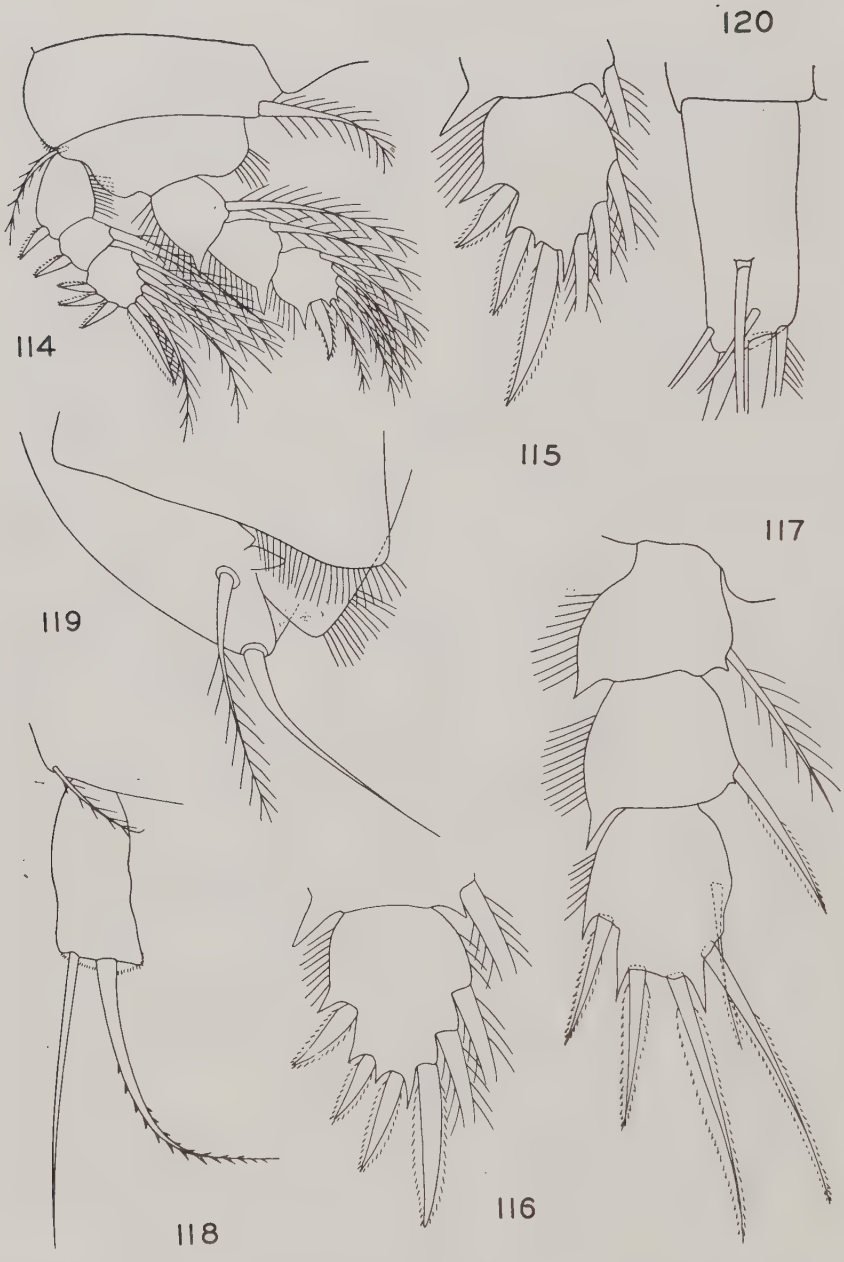


Fig. 114 à 120. — *Preherrmannella subgrandis* n. sp., femelle (suite). — 114, Première patte (B).115, Dernier article de l'endopodite de la deuxième patte (D). 116, Dernier article de l'endopodite de la troisième patte (D). 117, Endopodite de la quatrième patte (D). 118, Cinquième patte (D). 119, Sixième patte (F). 120, Rame caudale, dorsale (D).

et de *P. nicobarica* par le dernier article de la deuxième antenne très court, de *P. idonea* et de *P. tuberata* par les rames caudales seulement environ deux fois plus longues que larges et le segment génital avec des ailes, de *P. campanulipes* par la forme de la cinquième patte, et de *P. modesta* par la rame caudale plus courte. Chez le mâle cette espèce diffère de *P. tuberata* et de *P. campanulipes* par les épines minces sur le deuxième article du maxillipède et par la petite épine recourbée sur le dernier article de l'endopodite de la troisième patte, de *P. adduensis* par le dernier article de la deuxième antenne court, et de *P. idonea* par la forme du maxillipède et par la soie plumeuse sur la sixième patte.

Preherrmannella subgrandis n. sp.

Spécimens étudiés. — 2 femelles et 1 mâle d'un *Holothuria rugosa* Ludwig sous une pierre découverte à marée basse à l'île Ankazoberavina, près de la Pointe Angadoka, environ 35 km à l'ouest de Nossi-Bé, le 6 juillet 1955. Holotype femelle déposé à l'I. R. S. M. à Tananarive. Les autres spécimens disséqués et dans la collection des auteurs.

Femelle. — Conformation du corps comme chez les autres espèces du genre. Longueur totale, y compris les rames caudales, 1,400 mm, largeur 0,770, observation basée sur un seul spécimen. Segment génital (fig. 110) plus large que long, 298 × 182 μ, avec des ailes latérales légères. Segments abdominaux de 81, 65, et 67 μ de long respectivement.

Sacs ovigères inconnus. Attachements sur les angles du segment génital avec des rangées de longs poils.

Première antenne comme chez *P. modesta* avec les articles de 70, 187, 5, 34, 92, 50, 36, et 26 μ respectivement. Deuxième antenne (fig. 111) analogue à celle de *P. modesta* mais un peu plus allongée. Labre comme chez *P. tuberata*. Mandibule comme chez *P. modesta*. Paragnathe comme chez *P. tuberata*. Première maxille (fig. 112) ayant un processus spiniforme de 12 μ de long à l'angle distal. Deuxième maxille comme celle de *P. modesta*, avec le deuxième article comme sur la fig. 113. Maxillipède et la région orale comme chez *P. tuberata*.

Articles et formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme chez les espèces précédentes. Première patte (fig. 114) ayant des petites épines latérales sur les bords des épines externes de l'exopodite. Exopodites des pattes 2-4 comme chez *P. tuberata*. Endopodite de la deuxième patte avec le dernier article comme sur la fig. 115. Celui de la troisième patte comme sur la fig. 116. Endopodite de la quatrième patte (fig. 117) ayant une soie plumeuse interne de 60 μ de long sur le premier article, une soie spiniforme frangée de petites épines de 61 μ de long, sur le deuxième article, et les cinq épines sur le dernier

Fig. 121 à 128. — *Preherrmannella subgrandis* n. sp., mâle. — 121, Maxillipède (D). 122, Extrémité du maxillipède (C). 123, Endopodite de la première patte (F). 124, Endopodite de la deuxième patte (D). 125, Dernier article de l'endopodite de la troisième patte (D). 126, Cinquième patte (C). 127, Sixième patte (C). 128, Rame caudale, ventrale (C).

article de 25, 42, 42, 24, et 20 μ de long respectivement, commençant avec la plus interne.

Cinquième patte (fig. 118) 61 × 29 μ ayant sur son extrémité deux soies, une mince et nue, de 101 μ de long, l'autre recourbée, barbelée, de 106 μ de long. Soie basale près de la patte 41 μ et plumeuse. Sixième patte (fig. 119) avec deux soies de 60 μ de long, une d'elles plumeuse.

Rame caudale (fig. 120) 90 × 36 μ, avec les six soies ordinaires, les deux dorsales de 286 et 114 μ, et les quatre terminales de 215, 720, 480, et 224 μ de long respectivement.

Coloration sur le vivant en lumière transmise, transparente, l'œil rouge, l'intestin brun, l'ovaire gris.

Male. — Conformation du corps comme chez les autres espèces. Longueur totale, y compris les rames caudales, 0, 684 mm, largeur 0,348 mm, observation basée sur un seul spécimen. Segment génital ressemblant à *P. campanulipes*, plus large que long, 140 × 112 μ, mais sans les protubérances dorsales. Abdomen aussi comme cette espèce-là, les segments de 24, 24, 20, et 21 μ de long respectivement.

Première antenne comme celle de *P. modesta*, avec un organe sensoriel sur les trois derniers articles. Deuxième antenne comme chez *P. idonea*, avec des épines courtes sur la surface interne du deuxième article. Labre, mandibule, paragnathe, première maxille et, deuxième maxille comme chez la femelle. Maxillipède (fig. 121) avec le premier article inerme, le deuxième avec les deux soies ordinaires et un groupe d'épines courtes, de 6 μ de long, et un autre groupe de très petites épines comme sur la figure. Troisième article court et inerme. Dernier article en forme d'une griffe de 148 μ de long, ayant une soie basale et ayant à son extrémité deux petites dents et une lamelle large (fig.122).

Articles et formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme chez les autres espèces. Exopodites de ces pattes comme ceux de la femelle. Endopodite de la première patte (fig. 123) ayant une épine lamelleuse de 26 μ de long et une épine barbelée de 49 μ de long sur le deuxième article. Endopodite de la deuxième patte (fig.124) avec les trois épines du deuxième article de 26, 46, et 28 μ, commençant avec la plus proximale. Endopodite de la troisième patte ayant quatre épines sur le deuxième article de 49, 28 (légèrement recourbée), 45, et 66 μ de long respectivement (fig. 125). Endopodite de la quatrième patte comme chez la femelle, avec les deux soies des deux premiers articles 25 μ de long.

Cinquième patte (fig. 126) 13 × 10 μ avec deux soies terminales comme chez la femelle. Sixième patte (fig.127) avec deux soies.

Rame caudale (fig. 128) 25 ×18 μ avec les soies comme chez la femelle.

Coloration comme chez la femelle.

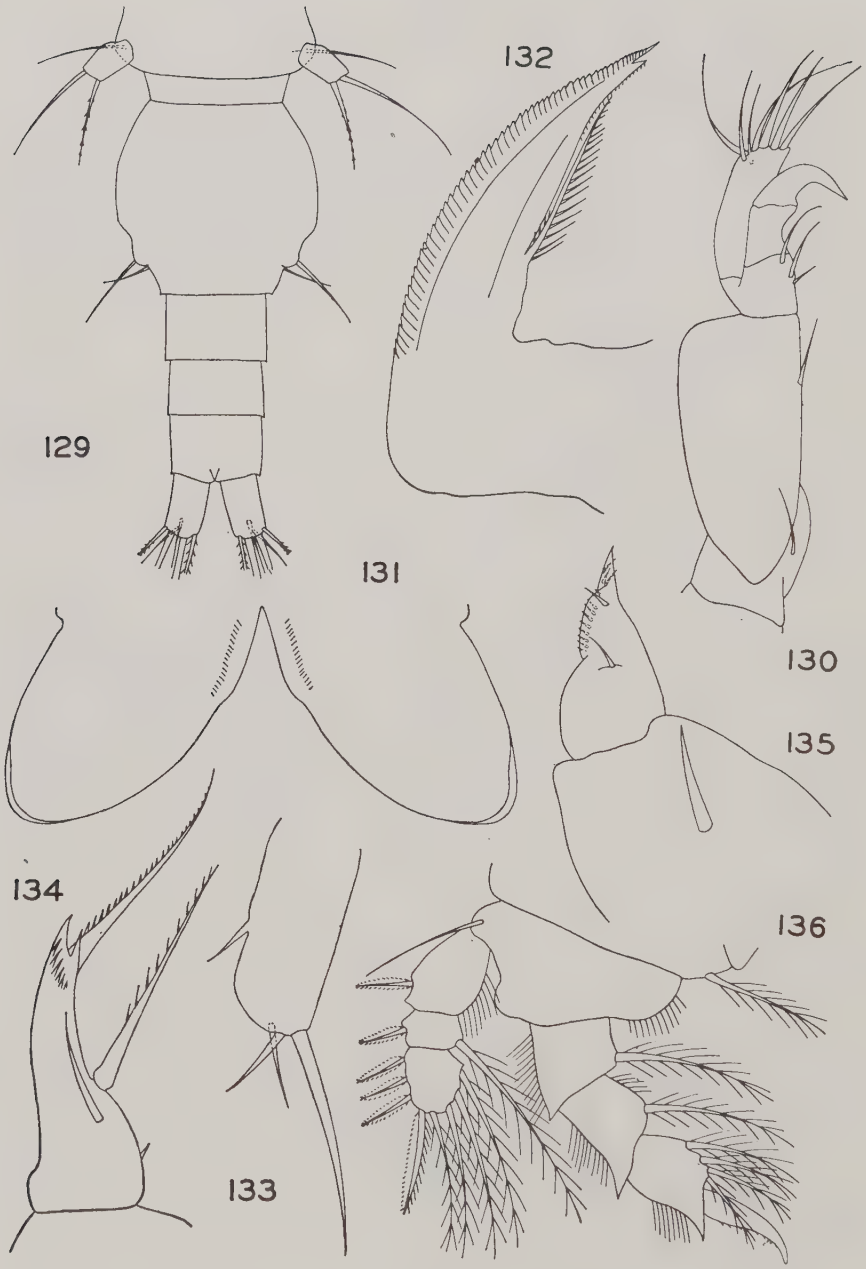


Fig. 129 à 136. — *Preherrmannella poculifera* n. sp., femelle. — 129, Segment génital et abdomen, ventral (B). 130, Deuxième antenne (E). 131, Labre (C). 132, Mandibule (C). 133, Première maxille (C). 134, Deuxième article de la deuxième maxille (C). 135, Deuxième article du maxillipède (C). 136, Première patte (E).

(Le nom spécifique vient de *subgrandis*, assez grand, faisant allusion à la taille de cette espèce.)

P. subgrandis Humes et Cressey diffère chez la femelle de *P. nicobarica*, *P. idonea*, et *P. subtilis* par les dimensions de la rame caudale, de *P. campanulipes* par la conformation de la cinquième patte, de *P. tuberata* et *P. modesta* par la taille, et de *P. adduensis* par la conformation du segment génital et la longueur du dernier article de la deuxième antenne. Chez le mâle cette espèce diffère de *P. tuberata* et *P. campanulipes* par les épines minces sur le deuxième article du maxillipède, de *P. modesta*, *P. idonea*, et *P. subtilis* par la nature des deux soies internes sur les deux premiers articles de l'endopodite de la quatrième patte, et de *P. adduensis* par le dernier article de la deuxième antenne court.

Preherrmannella poculifera n. sp.

Spécimens étudiés. — 27 femelles et 81 mâles de deux *Synapta maculata* (Chamisso et Eysenhardt) d'un mètre à marée basse à Pointe Lokobe, Nossi-Bé, le 16 juin 1955. Holotype, allotype, et 25 paratypes (6 femelles et 19 mâles) déposés à l'I. R. S. M. à Tananarive, le même nombre de paratypes au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris et au Muséum National des Etats-Unis à Washington, et les autre paratypes dans la collection des auteurs.

Femelle. — Conformation du corps comme chez les espèces précédentes. Longueur totale, y compris les rames caudales, 1,041 mm (1,008-1,092 mm), largeur 0,548 mm (0,528-0,576 mm), observation basée sur dix spécimens. Segment génital (fig. 129) légèrement plus large que long, 170 × 140 μ, sans ailes latérales. Segments abdominaux de 46, 39, et 44 μ de long respectivement.

Sacs ovigères 424 × 160 μ, chacun avec environ 100 œufs, dépassant longuement les rames caudales.

Première antenne comme celle de *P. tuberata*, les articles de 55, 137, 5, 17, 62, 48, 30, et 19 μ respectivement. Deuxième antenne (fig. 130) avec le dernier article allongé. Labre (fig. 131) avec les deux lobes divergents. Mandibule (fig. 132) avec le processus sétiforme du bord concave long et avec des épines latérales. Paragnathe comme chez *P. tuberata*. Première maxille (fig. 133) avec le processus latéral très hyalin et petit. Deuxième maxille avec le deuxième article comme sur la fig. 134. Maxillipède comme chez *P. tuberata*, mais avec une rangée d'épines sur le dernier article comme indiqué (fig. 135).

Articles et formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme chez les autres espèces du genre. Première patte (fig. 136) ayant une

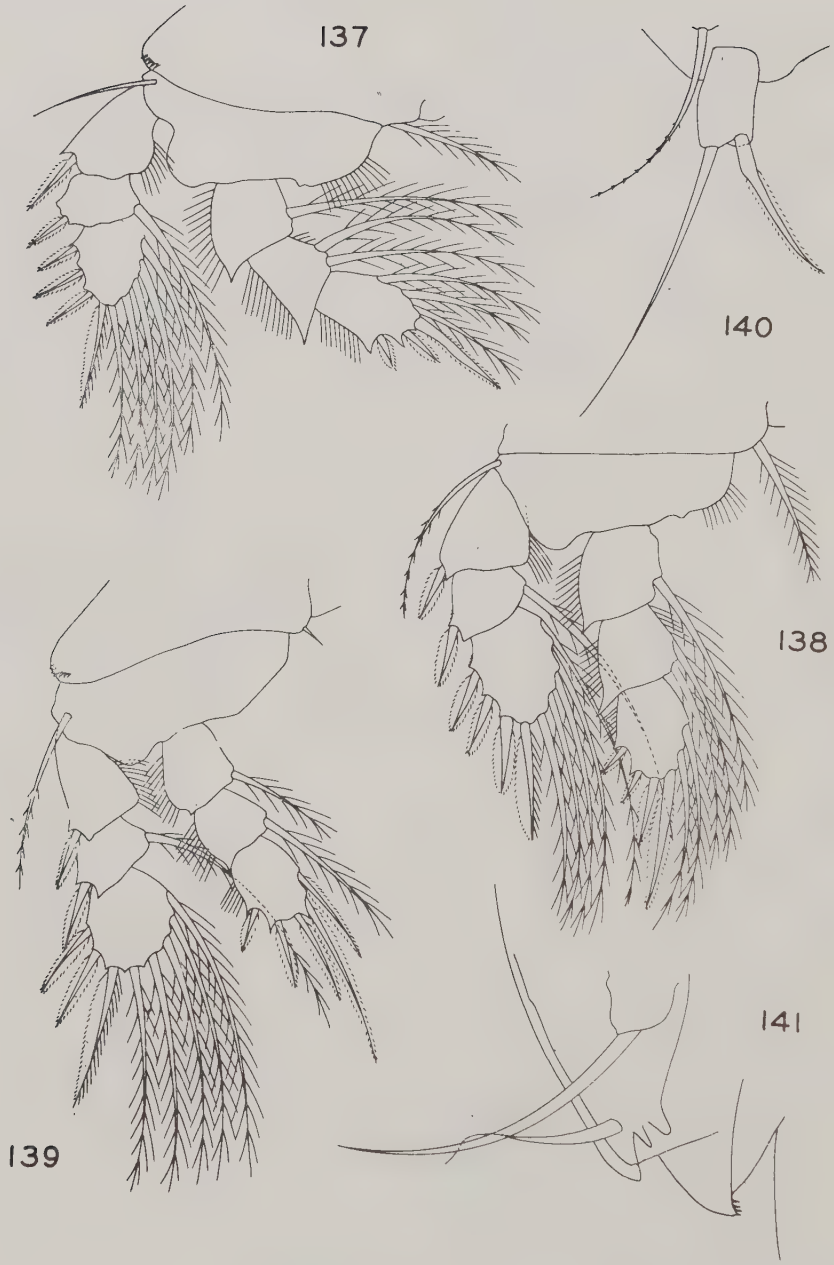


Fig. 137 à 141. — *Preherrmannella poculifera* n. sp., femelle (suite). — 137, Deuxième patte (E). 138, Troisième patte (E). 139, Quatrième patte (E). 140, Cinquième patte (D). 141, Sixième patte (C).

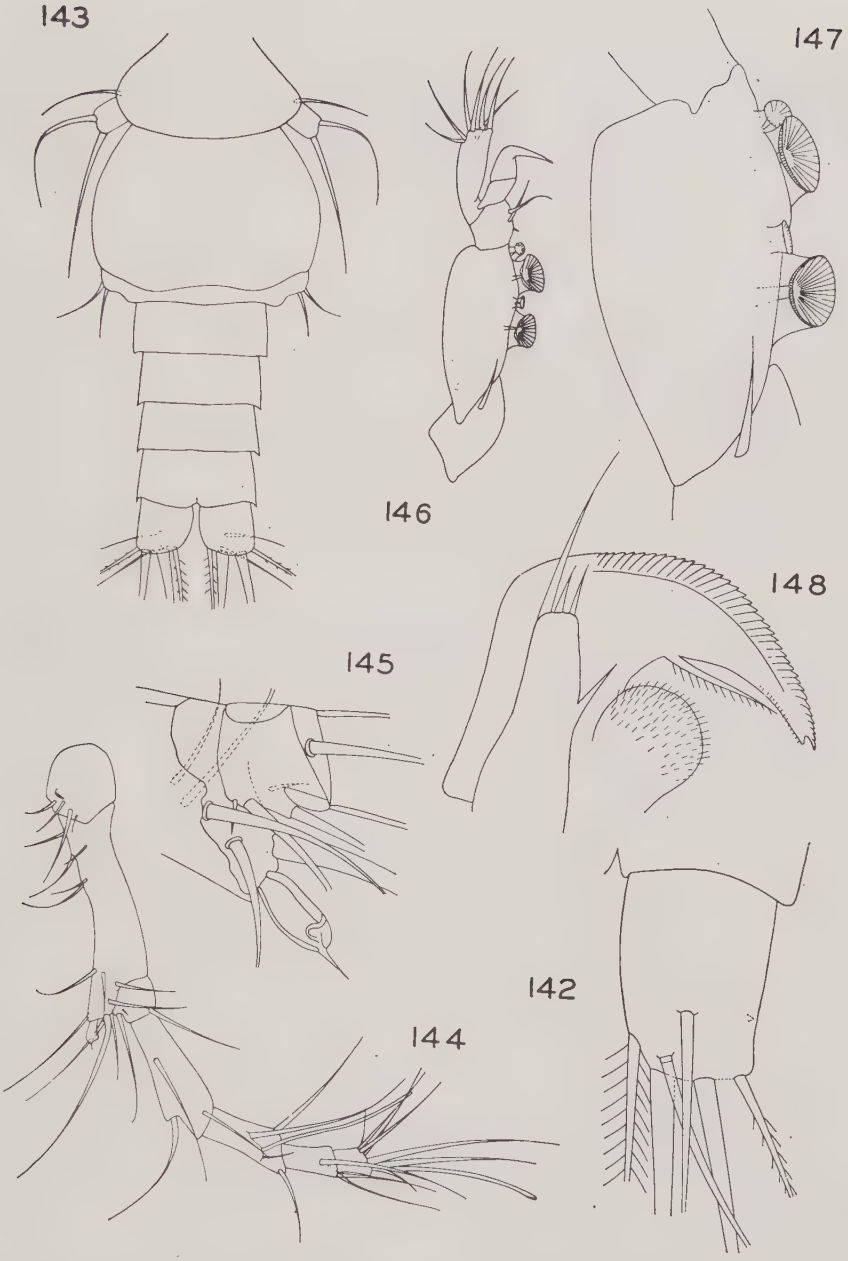


Fig. 142 à 148. — *Preherrmannella poculifera* n. sp., femelle (suite). — 142, Rame caudale, dorsale (F). — *Preherrmannella poculifera* n. sp., mâle. — 143, Segment génital et abdomen, ventral (E). 144, Première antenne (E). 145, Région du troisième article de la première antenne (C). 146, Deuxième antenne (E). 147, Deuxième article de la deuxième antenne (F). 148, Mandibule, paragnathe et première maxille (C).

grande épine recourbée de 46 μ de long sur le dernier article de l'endopodite. Deuxième patte (fig. 137) et troisième patte (fig. 138) comme indiqué. Quatrième patte (fig. 139) avec l'exopodite comme chez les autres espèces, et l'endopodite ayant deux soies internes longues, plumeuses sur les deux premiers articles et cinq épines frangées 50, 86, 44, 34, et 21 μ de long, commençant avec la plus interne, sur son extrémité.

Cinquième patte (fig.140) 33 × 20 μ, avec une soie spiniforme barbelée de 59 μ et une soie mince nue de 94 μ de long. Soie près de la base de la patte de 67 μ de long et plumeuse. Sixième patte (fig. 141) formée de deux soies nues de 30 μ et 58 μ de long.

Rame caudale (fig. 142) 38 × 32 μ, avec les six soies ordinaires, les deux dorsales de 44 μ et 90 μ, et les quatre soies terminales de 108, 660, 360, et 110 μ de long respectivement, la plus interne et la plus externe plumeuses.

Coloration sur le vivant en lumière transmise, transparente, l'œil rouge, les sacs ovigères opaques.

Male. — Conformation du corps comme chez les espèces précédentes. Longueur totale, y compris les rames caudales, 0, 663 mm (0,636-0,684 mm), largeur 0,347 mm (0,324-0,360 mm), observation basée sur dix spécimens. Segment génital (fig. 143) légèrement plus large que long, 109 × 88 μ. Segment abdominaux de 26, 25, 25, et 27 μ de long respectivement.

Première antenne (fig. 144) avec le petit troisième article difficile à voir mais présent (fig. 145). Les articles (sans le troisième) de 33, 86, 18, 54, 38, 28, et 18 μ de long respectivement. Bord antérieur du deuxième prolongé avec une soie large modifiée de 14 μ de long, son extrémité filamenteuse (voir la fig. 145). Un organe sensoriel sur l'antépénultième article. Deuxième antenne (fig. 146) avec le dernier article très allongé, et avec quatre ventouses élevées sur le bord interne du deuxième article (fig. 147).

Labre comme chez la femelle. Mandibule, paragnathe, et première maxille indiqués sur la fig. 148, comme chez la femelle. Deuxième maxille analogue à celle de la femelle. Maxillipède (fig. 149) avec le premier article long et inerme, le deuxième avec deux soies et une rangée d'épines aplaties obtuses, la plus proximale de celles-ci allongée et en opposition à la griffe. Troisième article très court et inerme. Quatrième article en forme de griffe de 180 μ de long, renflée le long de son tiers distal, son extrémité ayant deux petites dents et une petite lamelle (fig. 150).

Articles et formule des épines et des soies des pattes 1-4 comme chez les espèces précédentes. Exopodites de ces pattes comme ceux de la femelle. Endopodite de la première patte (fig. 151) avec l'épine du

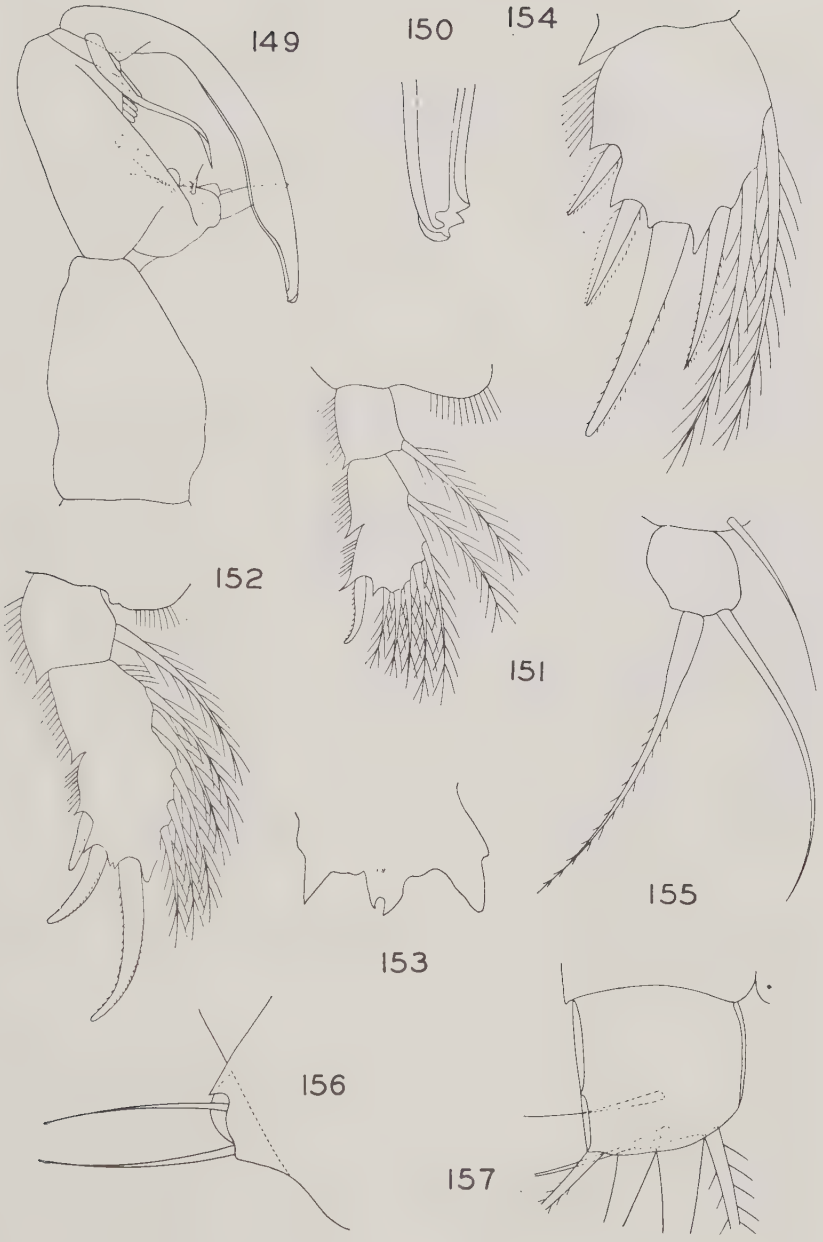


Fig. 149 à 157. — *Preherrmannella poculifera* n. sp., mâle (suite). — 149, Maxillipède (E). 150, Extrémité du maxillipède (C). 151, Endopodite de la première patte (D). 152, Endopodite de la deuxième patte (D). 153, Bord distal du dernier article de l'endopodite de la deuxième patte (C). 154, Dernier article de l'endopodite de la troisième patte (F). 155, Cinquième patte (C). 156, Sixième patte (C). 157, Rame caudale, ventrale (C).

deuxième article un peu plus mince que chez la femelle. Endopodite de la deuxième patte comme sur la fig. 152, avec le bord distal du deuxième article bifurqué entre les deux épines distales (fig. 153). Endopodite de la troisième patte ayant sur le dernier article quatre épines droites, de 18, 28, 50, et 37 μ de long respectivement (fig. 154).

Cinquième patte (fig. 155) carrée, 13 × 13 μ, avec les deux soies terminales (une barbelée, une nue) de 50 μ de long. Sixième patte (fig. 156) formée de deux soies nues de 24 μ de long.

Rame caudale (fig. 157) carrée, 24 × 24 μ, avec six soies comme chez les autres espèces du genre.

Coloration comme chez la femelle.

(Le nom spécifique vient de *poculum*, une coupe, et *ferre*, porter, faisant allusion aux ventouses sur les deuxième antennes des mâles.)

P. poculifera Humes et Cressey diffère chez la femelle de toutes les autres espèces en ayant une rame caudale presque carrée, de *P. tuberata*, *P. modesta*, *P. campanulipes*, *P. idonea*, *P. subtilis*, et *P. subgrandis* en ayant le dernier article de la deuxième antenne allongé, de *P. adduensis* par l'absence d'ailes sur le segment génital, et de *P. nicobarica* en ayant sept soies sur le dernier article de la deuxième antenne. Chez le mâle cette espèce diffère de toutes les autres par la présence de ventouses sur la deuxième antenne.

Une seule femelle d'une huitième espèce nouvelle a été trouvée sur la peau d'un *Thelenota ananas* (Jaeger) à Tanykely, mais nous ne l'avons pas décrite ici en raison du matériel insuffisant.

Les sept espèces de *Preherrmannella* que nous avons décrites ci-dessus montrent des préférences nettes dans leur choix des hôtes, comme indiqué sur la liste suivante :

Copépode	commun sur	moins souvent sur
P. idonea	*Halodeima atra*	*Actinopyga echinites* *Holothuria leucospilota* *Diadema setosum*
P. tuberata	*Bohadschia sp.*	*Bohadschia Köllikeri* *Bohadschia Cousteaui* *Thelenota ananas* *Opheodesoma grisea*
P. modesta	*Stichopus monotuberculatus* *Stichopus variegatus*	*Stichopus chloronotus* *Holothuria pardalis* *Bohadschia Drachi*

Copépode	commun sur	moins souvent sur
P. campanulipes	*Actinopyga mauritiana* *Actinopyga echinites*	*Actinopyga sp.* *Halodeima atra* *Diadema setosum*
P. subtitis	*Halodeima edulis*	*Opheodesoma grisea* *Holothuria curiosa*
P. subgrandis	*Holothuria rugosa*	
P. poculifera	*Synapta maculata*	

Les espèces de *Preherrmannella* sont ordinairement parasites des Holothuries. Les deux espèces, *P. idonea* et *P. campanulipes*, de l'Oursin, *Diadema setosum*, s'y présentent fortuitement et cet Oursin ne représente pas un hôte souvent choisi.

La spécificité s'est montrée aussi lorsqu'un spécimen de *Synapta maculata* est resté cinq heures dans un bocal d'eau de mer avec cinq *Opheodesoma grisea* ; les Copépodes sont restés attachés à la *Synapta*.

Les deux espèces de Sewall, *P. adduensis* et *P. nicobarica*, ont été découvertes dans des « weed-washings », et leurs hôtes sont inconnus. Le *Preherrmannella brevicauda* de Sewall (1949) est en réalité une espèce de *Paranthessius* et doit être ajoutée à la liste des espèces de ce genre là donnée par Illg (1949).

On peut voir des Copépodes vivants sur la peau des Holothuries, par exemple, *P. idonea* sur l'Holothurie noire *Halodeima atra*, au moment où on les ramasse.

On peut reconnaître le genre *Preherrmannella* par le première antenne de huit articles, par la griffe sur le troisième article et les sept soies sur le quatrième article de la deuxième antenne, par la conformation de la mandibule sans un flagelle, par les paragnathes poilus, par la forme du maxillipède, par les endopodites 2-articulés de la première et de la deuxième patte chez le mâle, par l'armature des pattes 1-4, par la forme de la cinquième patte, et par le dimorphisme sexuel des rames caudales.

Chez les sept espèces nouvelles décrites ci-dessus les deux lobes interprétés par nous comme les paragnathes sont de très petites protubérances arrondies poilues qui se trouvent sur les surfaces postérieures des bases des mandibules. Ces lobes montrent la même relation aux mandibules que les paragnathes d'autres genres cyclopoïdes. A cause de leur petite taille et de la difficulté de les voir, ils peuvent échapper à l'attention. On ne peut ordinairement les découvrir qu'après des dissections laborieuses de plusieurs spécimens.

Les espèces de *Preherrmannella* peuvent être séparées par l'emploi des clefs suivantes :

Clef artificielle des femelles de Preherrmannella

1. Deuxième antenne avec le dernier article allongé (2-3 fois plus long que large) 2
— Deuxième antenne avec le dernier article très court (moins de deux fois aussi long que large) 4
2. Rame caudale 1½-3 fois aussi longue que large 3
— Rame caudale presque carrée ..... **P. poculifera**
3. Segment génital avec deux ailes latérales ..... **P. adduensis**
— Segment génital avec ses bords arrondis ..... **P. nicobarica**
4. Cinquième patte campanuliforme ; segment génital avec deux protubérances dorsales ..... **P.campanulipes**
— Cinquième patte non campanuliforme ; segment génital sans protubérances dorsales 5
5. Sixième patte formée de deux épines courtes ..... **P. tuberata**
— Sixième patte formée de deux soies longues 6
6. Rame caudale au moins 4 fois plus longue que large .. **P. idonea**
— Rame caudale moins de 3 fois plus longue que large 7
7. Corps 1,40 mm de long ; cinquième patte environ 61 × 29 μ **P. subgrandis**
— Corps entre 1,150 et 1,250 mm de long ; cinquième patte environ 38 × 22 μ 8
8. Rame caudale environ 84 × 31 μ ..... **P. modesta**
— Rame caudale environ 60 × 36 μ ..... **P.subtilis**

Clef artificielle des males de Preherrmannella

(Le mâle de *P. nicobarica* est inconnu.)

1. Dernier article de l'endopodite de la troisième patte avec la deuxième épine courte et recourbée ; deuxième article de l'endopodite de la première patte avec deux épines, une d'elles sétiforme 2
— Dernier article de l'endopodite de la troisième patte avec les quatre épines droites ; deuxième article de l'endopodite de la première patte avec une épine 6
2. Dernier article de la deuxième antenne assez allongé avec (?) soies ..... **P. adduensis**
— Dernier article de la deuxième antenne très court avec 7 soies ...3
3. Les deux soies internes sur les deux premiers articles de l'endopodite de la quatrième patte longues (48 μ) et plumeuses, non légèrement barbelées ou une plumeuse et l'autre barbelée... 4
— Les deux soies internes sur les deux premiers articles de l'endopodite de la quatrième patte légèrement barbelées ou avec une d'elles plumeuse et l'autre barbelée 5

4. Maxillipède comme sur la fig. 19, avec la griffe recourbée et les épines sur la surface du deuxième article petites (5 μ). **P. idonea**
— Maxillipède comme sur la fig. 68, avec la griffe plus droite et les épines sur la surface du deuxième article plus longues (15 μ) **P. modesta**
5. Les deux soies internes sur les deux premiers articles de l'endopodite de la quatrième patte courtes (18 μ) et légèrement barbelées, maxillipède comme sur la fig. 103 ..... **P. subtilis**
— Une des soies internes sur les deux premiers articles de l'endopodite de la quatrième patte plumeuse, l'autre (distale) barbelée, toutes les deux 25 μ de long, maxillipède comme sur la fig. 121 **P. subgrandis**
6. Segment génital avec deux protubérances dorsales **P. campanulipes**
— Segment génital sans protubérances dorsales 7
7. Griffe du maxillipède avec une protubérance interne (voir la fig. 49), sans ventouses sur la deuxième antenne . . **P. tuberata**
— Griffe du maxillipède sans protubérance interne, avec quatre ventouses sur le deuxième article de la deuxième antenne **P. poculifera**

BIBLIOGRAPHIE

Illg (P.L.), 1949. — A review of the Copepod genus *Paranthessius* Claus. — *Proc. U.S. Nat. Mus., 99:* 391-428.

Sewall (R.B.S.), 1949. — The littoral and semi-parasitic *Cyclopoida,* the *Monstrilloida* and *Notodelphyoida.* — *John Murray Exped.,* 1933-34, *Scient. Rep., 9:* 17-199.

MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Série F. — Tome III. — 1959

DEUX NOUVELLES ESPECES DE PSEUDANTHESSIUS (COPEPODA, CYCLOPOIDA) PARASITES DES OURSINS A MADAGASCAR

par

Arthur G. HUMES et Roger F. CRESSEY (*)

Trois des seize espèces connues du genre *Pseudanthessius* ont été trouvées sur la surface du corps des Oursins. Ce sont *P. liber* (Brady et Robertson 1875), trouvée par Sars (1917) sur *Echinus sphaera* O. F. Müller (= *E. esculentus* Linné) et sur *Strongylocentrotus dröbachiensis* (O. F. Müller) en Norvège, *P. assimilis* (Sars 1917) d'*Echinus elegans* Düben et Koren en Norvège, et *P. Sauvagei* Canu 1891 d'*Echinocardium cordatum* (Pennant) sur la côte septentrionale de France. Sewall (1949) a découvert les Copépodes qu'il a déterminé comme *P. liber* dans les « washings » d'un Echinide régulier avec épines courtes à Nankauri Harbor, aux Iles Nicobar.

Deux autres espèces qu'on peut référer à *Pseudanthessius* sont décrites ci-dessous des Echinides à Madagascar. Le premier auteur les a recueillies pendant une courte visite à la Station Océanographique à Nossi-Bé en 1955.

Nous désirons exprimer nos remerciements à G. Cherbonnier, du Muséum de Paris, qui a déterminé les Oursins, et à R. Paulian, Directeur-adjoint de l'I. R. S. M., et à P. Fourmanoir, de la Station Océanographique de Nossi-Bé, qui ont facilité la récolte de ces hôtes.

La visite à Nossi-Bé a été rendue possible par une bourse accordée au premier auteur par la Fondation Guggenheim. L'étude subséquente au laboratoire a été aidée par une bourse de la Fondation Nationale de Science des Etats-Unis.

Pseudanthessius notabilis n. sp.

Spécimens étudiés. — 100 femelles et 45 mâles de la surface du corps de 83 Oursins, *Echinometra Mathaei* (Blainville), recueillis des fentes du corail à marée basse à Pointe Lokobe, Nossi-Bé, Madagascar,

(*) Departement of Biology, Boston University, Boston, Mass., U.S.A.

le 13 juin 1955. Holotype femelle, allotype, et 26 paratypes (25 femelles et 11 mâles) déposés à l'I.R.S.M. à Tananarive, et le même nombre de paratypes au Muséum d'Histoire Naturelle à Paris, au Muséum National des Etats-Unis à Washington, et dans la collection des auteurs.

Femelle. — Corps (fig.1) avec le céphalothorax distinctement élargi, la tête et le thorax ensemble environ 1. 17 fois plus long que large (mesuré de l'extrémité antérieure au bord postérieur du segment portant les quatrième pattes). Longueur totale, y compris les rames caudales mais pas leurs soies, 1,026 mm (0, 960-1,056 mm), largeur 0,524 mm (0,516-0,540 mm), observation basée sur 10 spécimens. Segment de la première patte soudé avec la tête, un sillon indistinct médian et deux très petites entailles latérales indiquant la ligne de fusion. Angles postérieurs des segments thoraciques arrondis. Segment de la quatrème patte court, moins de la moitié de la longueur du segment précédent. Segment génital (fig. 2 et 3) plus large que long, 134 × 187 μ. Régions d'attachement des sacs ovigères dorsolatérales, chacune armée (fig.4) d'une soie plumeuse de 36 μ de long, une soie nue de 12 μ, et entre elles un processus linguiforme de 7 μ. Spermatophores attachés en paires comme sur la fig. 3. Abdomen (fig. 2) 3-segmenté, les segments de 36, 31, et 32 μ de long de l'antérieur au postérieur et inermes. Dernier segment abdominal échancré au milieu de son bord postérieur distal, et chaque moitié du bord en forme d'un S le long de la base de la rame.

Sacs ovigères (fig. 1) 564 × 156 μ, beaucoup plus longs que l'abdomen. Chaque sac avec environ 65 œufs et effilé un peu vers l'extrémité postérieure.

Rostre pas développé, la région entre les premières antennes avec deux très petits poils (fig. 5). Première antenne (fig. 6) 7-articulée, les longueurs des articles 64, 90, 31, 53, 33, 34 et 31 μ respectivement. Deux soies très longues subégales (285 et 266 μ) faiblement sclérifiées sur le premier article. Un organe sensoriel mince sur chacun des trois derniers articles. Deuxième antenne (fig. 7) 4-articulée, le premier article de 78 μ de long avec une seule soie sur l'angle distal intérieur, le deuxième de 83 μ avec une soie située d'une manière semblable, le troisième triangulaire de 55 μ de long à son bord interne avec trois soies sur son angle intérieur prolongé, et le dernier article de 120 μ de long avec deux griffes terminales inégales, de 64 et 24 μ de long respectivement, et quatre soies, une d'elles avec des poils courts latéraux.

Labre (fig. 8) profondément échancré, les bords internes des deux lobes finement dentelés. Mandibule (fig. 9) avec des rangées de poils longs sur chaque côté et un éperon court à la base du flagelle. Paragnathe absent. Première maxille (fig. 10) en lobe de 48 μ de long ayant trois soies nues apicales. Deuxième maxille (fig. 11) avec un très large

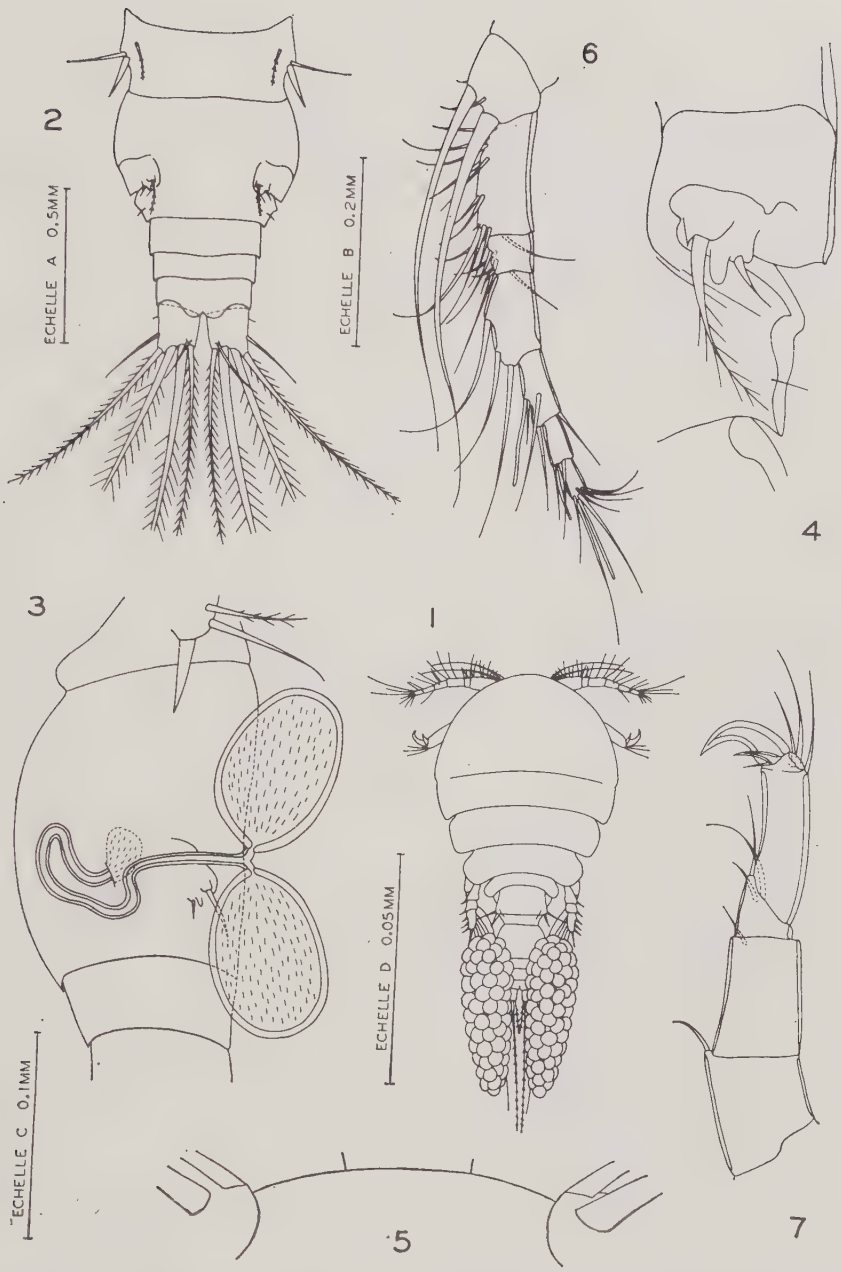


Fig. 1 à 7. — *Pseudanthessius notabilis* n. sp., femelle. — 1, Vue dorsale (A). 2, Segment génital et abdomen, dorsal (B). 3, Segment génital latéral avec spermatophores attachés (C). 4, Région d'attachement d'un sac ovigère (D). 5, Bord de la tête entre les premières antennes (C). 6, Première antenne (E). 7, Deuxième antenne (E) (*).

(*)Toutes les figures ont été dessinées à la chambre claire. La lettre après l'explication dechaque figure renvoie à l'échelle à laquelle elle a été dessinée.

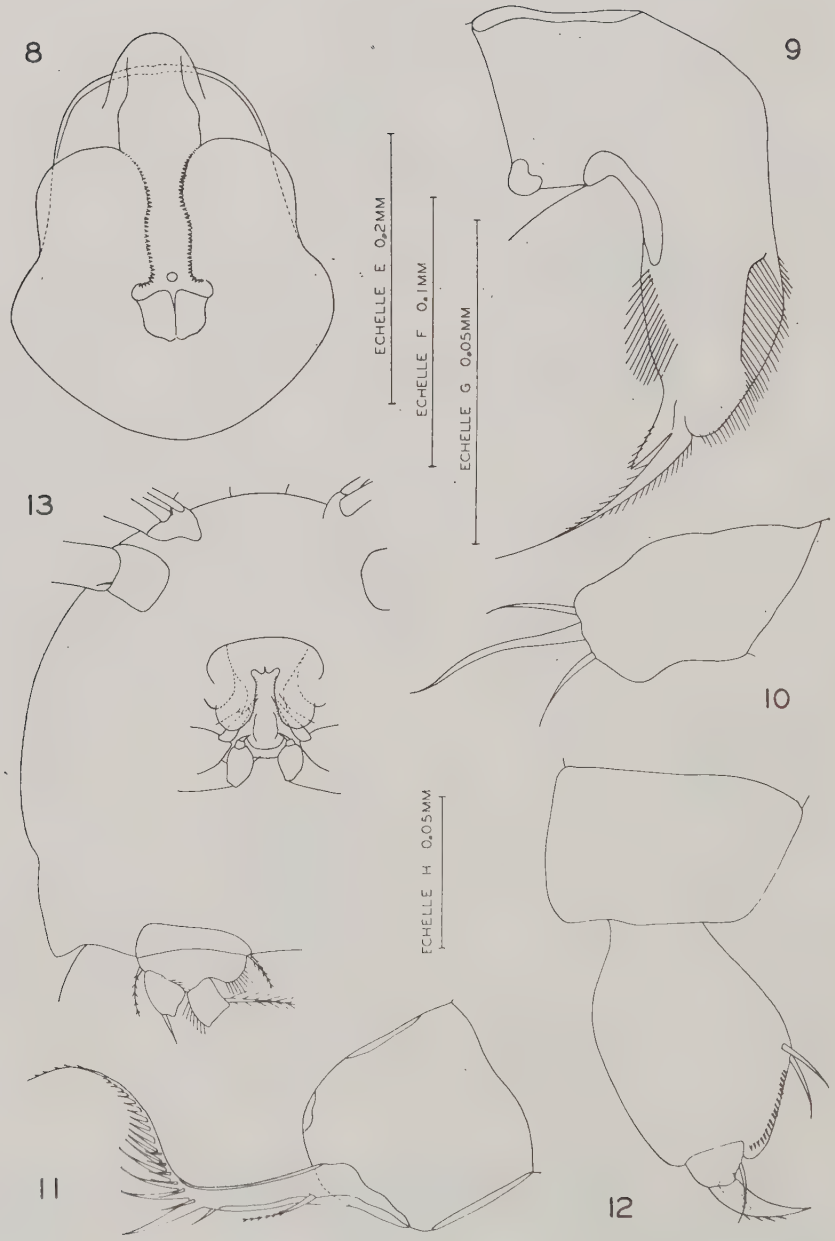


Fig. 8 à 13.— *Pseudanthessius notabilis* n. sp., femelle (suite). — 8, Labre(F). 9, mandibule (D). 10, Première maxille (G). 11, Deuxième maxille (H). 12, maxillipède (G). 13, Région orale (B).

article basal et un article distal mince, allongé ayant une soie plumeuse basale et une soie courte transparente distale près de la base du flagelle. Deux rangées de dents sur le flagelle, la première dent (épine) de la rangée la plus grande, 24 μ de long. Maxillipède (fig. 12) avec le premier article large et inerme, le deuxième un peu renflé et portant une rangée intérieure de petites épines distales aux deux soies ordinaires, et le troisième article très court portant deux épines fortes, inégales, presque unguiformes et une soie mince. Région orale comme sur la fig. 13.

Rames des pattes 1-4 avec la formule des épines et des soies comme suit :

	1re patte		2e patte		3e patte		4e patte	
	exp	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*
1er article	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	2
2e article	1 : 1	0 : 1	1 : 1	0 : 2	1 : 1	0 : 2	1 : 1	
3e article	8	6	9	6	9	5	8	

Première patte (fig. 14) avec le dernier article de l'exopodite armé de trois épines externes marginales, un épine terminale de 45 μ de long et frangée sur l'extérieur mais plumeuse sur l'intérieur (fig. 15) et quatre soies plumeuses internes. Le dernier article de l'endopodite avec une épine frangée externe et cinq soies plumeuses, la marge entre l'épine et la première soie avec une rangée de petites épines. Deuxième patte (fig. 16) avec une soie additionnelle plumeuse sur le dernier article de l'exopodite. Troisième article de l'endopodite avec une épine externe frangée, deux épines frangées terminales (l'interne ayant une frange plus fine le long du bord intérieur que le long du bord extérieur), et trois soies plumeuses. Bord de l'article entre l'épine externe et la première épine terminale avec une frange fortement dentelée (fig. 17). Troisième patte (fig. 18) avec les derniers articles des deux rames allongés, l'armature de l'exopodite comme à la deuxième patte, le troisième article de l'endopodite avec seulement deux soies plumeuses et ayant une rangée de dents plus aiguës entre l'épine externe et la première épine terminale (fig. 19) les trois épines de cet article de 32, 31, et 61 μ de long respectivement. Quatrième patte (fig. 20) avec la soie interne du coxopodite très petite (6 μ de long). Endopodite 80 × 26 μ, son bord interne presque droit, son bord externe légèrement irrégulier mais sans une entaille distincte et bordé de poils dans sa moitié basale. A son apex une rangée de très petites épines aux bases des deux soies. La soie externe de 40 μ, la soie interne de 54 μ de long.

Cinquième patte (fig. 21) formée de trois soies, une d'elles, forte, de 43 μ de long dirigée en arrière, avec une lamelle transparente le long de sa marge interne, une autre soie longue, nue, voisine de 66 μ, et une troisième soie plumeuse dorsale de 43 μ.

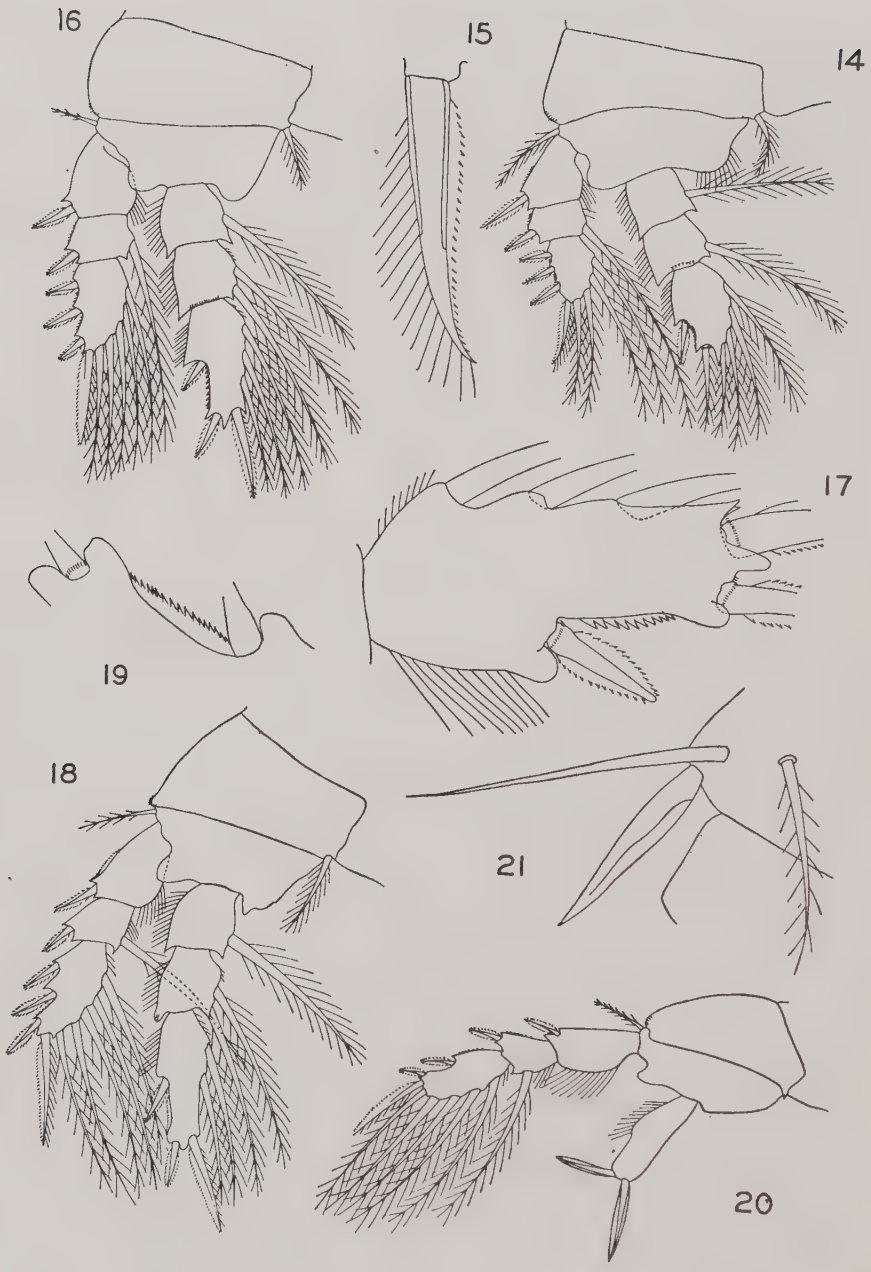


Fig. 14 à 21. — *Pseudanthessius notabilis* n. sp., femelle (suite). — 14, Première patte (E). 15, Epine terminale sur l'extrémité du troisième article de l'exopodite de la première patte (G). 16, Deuxième patte (E). 17, Troisième article de l'endopodite de la deuxième patte (D). 18, Troisième patte (E). 19, Bord externe du troisième article de l'endopodite de la troisième patte (D). 20, Quatrième patte (E). 21, Cinquième patte (D).

Rame caudale (fig. 22) aussi longue que large, 42 × 40 μ, avec six soies, une dorsale subterminale pédicellée de 36 μ, une autre nue subterminale sur la marge externe de 72 μ, et quatre terminales plumeuses de 179, 336, 280, et 173 μ de long de la plus interne à la plus externe. Un poil délicat de 6 μ de long sur la marge externe de la rame et un autre voisin sur la surface dorsale. Extrémité distale de la rame avec une saillie ventrale étendue un peu au delà de l'insertion des deux longues soies et bordée d'une rangée de très petits poils.

Coloration sur le vivant en lumière réfléchie transparente, les bords de la tête et des segments thoraciques avec une bande étroite rougeâtre brune, l'œil rouge, les griffes des deuxièmes antennes rougeâtres brunes, les bases des appendices rougeâtres pourpres, sacs ovigères opaques, blancs.

Male. — Corps (fig. 23) comme celui de la femelle, mais le céphalothorax un peu plus étroit, la tête et le thorax ensemble environ 1. 37 fois plus long que large (mesuré de l'extrémité antérieure au bord postérieur du segment portant les quatrièmes pattes). Longueur totale 0,742 mm (0,720-0,780 mm), largeur 0,307 mm (0,300-0,324 mm), observation basée sur 10 spécimens. Segment génital (fig. 24) un peu plus large que long, 112 × 126 μ, étroit en avant et large en arrière, avec les angles postérieurs portant les sixièmes pattes. Deux spermatophores, chacun de 84 × 53 μ. Abdomen (fig. 24) 4-segmenté, les segments de 34, 25, 20, et 27 μ de long respectivement et inermes.

Première antenne (fig. 25) avec les longueurs des articles proportionnellement comme chez la femelle. Les deux longues soies du premier article inégales, de 210 et 102 μ de long. Un organe sensoriel sur le 2e, deux sur le 4e, et un sur le 5e, 6e, et 7e article. Deuxième antenne et labre comme chez la femelle. Mandibule (fig. 26) montrant un dimorphisme sexuel léger, avec une rangée d'épines au lieu de poils le long du bord convexe. Paragnathe absent. Première maxille (fig. 27) en général comme celle de la femelle mais avec la soie basale du deuxième article plus allongée et avec les dents des deux rangées sur le flagelle plus minces et plus étroitement égales en longueur. Maxillipède (fig. 28) 4-articulé, le premier article de 54 μ de long et inerme, le deuxième de 80 μ avec une soie interne de 12 μ et deux rangées de poils, le troisième très court, de 10 μ et inerme, et le quatrième article transformé en une griffe longue, mince, portant une soie nue de 73 μ de long près de sa base. Griffe recourbée assez angulairement près de son milieu, de 168 μ de long, mesurée le long de son arc. Apex de la griffe irrégulièrement bifurqué avec une petite lamelle externe comme sur la fig. 29.

Rames des pattes I-IV en général comme chez la femelle, avec la même formule des épines et des soies, mais avec les angles externes

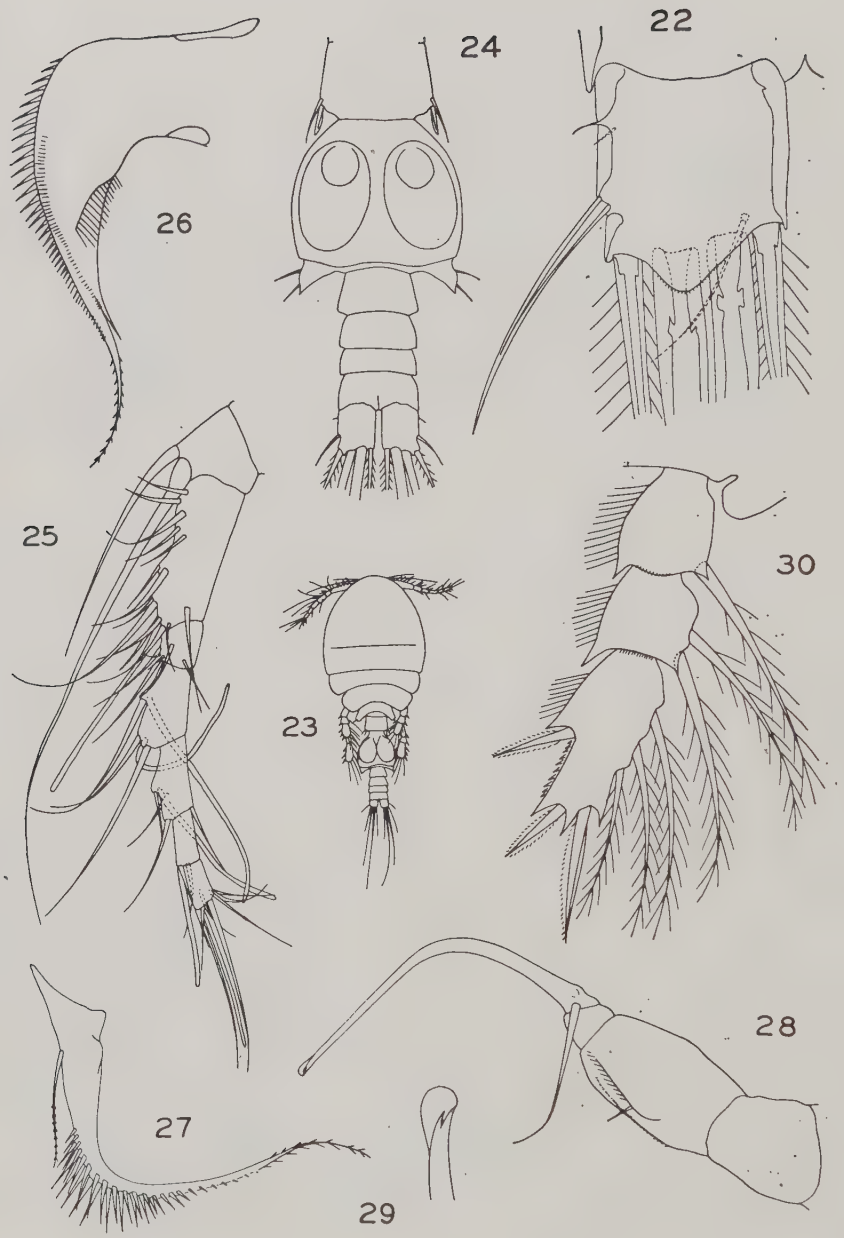


Fig. 22 à 30. — *Pseudanthessius notabilis* n. sp., femelle (suite). — 22, Rame caudale, ventrale (D). — *Pseudanthessius notabilis* n. sp., mâle. — 23, Vue dorsale (A). 24, Segment génital et abdomen, dorsal (E). 25, Première antenne (C). 26, Mandibule (D). 27, Article distal de la deuxième maxille (D). 28, Maxillipède (C). 29, Extrémité de la griffe du maxillipède (G). 30, Endopodite de la deuxième patte (F).

distaux des articles de l'endopodite de la deuxième patte plus pointus (fig. 30) que chez la femelle. Endopodite de la quatrième patte très analogue de forme à celui de la femelle, 58 × 17 μ, avec les deux soies terminales de 27 et 42 μ de long respectivement.

Cinquième patte comme celle de la femelle. Sixième patte (fig. 31) formée d'un lobe angulaire portant deux soies nues externes chacune de 20 μ de long. Rame caudale comme chez la femelle.

Coloration comme chez la femelle.

Pseudanthessius luculentus n. sp.

Spécimens étudiés. — 7 femelles et 3 mâles de la surface du corps d'un seul Oursin, *Stomopneustes variolaris* (Lamarck), trouvé sous un rocher à marée basse à Pointe Lokobe, Nossi-Bé, le 9 juillet 1955. Holotype femelle, allotype, et un paratype femelle déposés à l'I.R.S.M. à Tananarive, un paratype femelle au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris, un paratype femelle au Muséum National des Etats-Unis à Washington, et les autres disséqués et dans la collection des auteurs.

Femelle. — Forme du corps semblable à celle de l'espèce précédente. Longueur totale 1,058 mm (1,032-1,080 mm), largeur 0,518 mm (0,492-0.540 mm), observation basée sur 5 spécimens. Segment génital plus large que long, 156 × 173 μ, avec les spermatophores attachés en paires (fig. 32). Régions d'attachement des sacs ovigères (fig. 33) portant deux soies et un processus entre eux. Abdomen 3-segmenté, les segments de 48, 48, et 43 μ de long de l'antérieur au postérieur.

Sac ovigère comme chez l'espèce précédente, 544 × 172 μ, avec environ 80 œufs.

Première antenne (fig. 34) 7-articulée, les longueurs des articles de 60, 84, 30, 54, 48, 31 et 34 μ respectivement. Sur le premier article une soie très longue 322 μ, ressemblant par sa forme à un organe sensoriel et superficiellement très finement annelée (fig. 35). Un organe sensoriel sur chacun des trois derniers articles. Deuxième antenne (fig. 36) 4-articulée, les articles mesurés le long du bord interne de 84, 120, 51, et 96 μ de long (mesurés le long du bord externe : 60, 108, 12 et 150 μ). Premier article avec une soie courte à son angle distal interne. Deuxième article avec une soie analogue subterminale sur le bord interne. Troisième article avec quatre soies à l'angle distal interne. Quatrième article portant à son apex deux griffes, de 88 et 84 μ de long, et cinq soies minces comme sur la figure.

Labre (fig. 37) profondément échancré, avec les deux lobes plus angulaires que chez l'espèce précédente et ayant une rangée de très petites épines le long du bord interne de chaque lobe. Mandibule

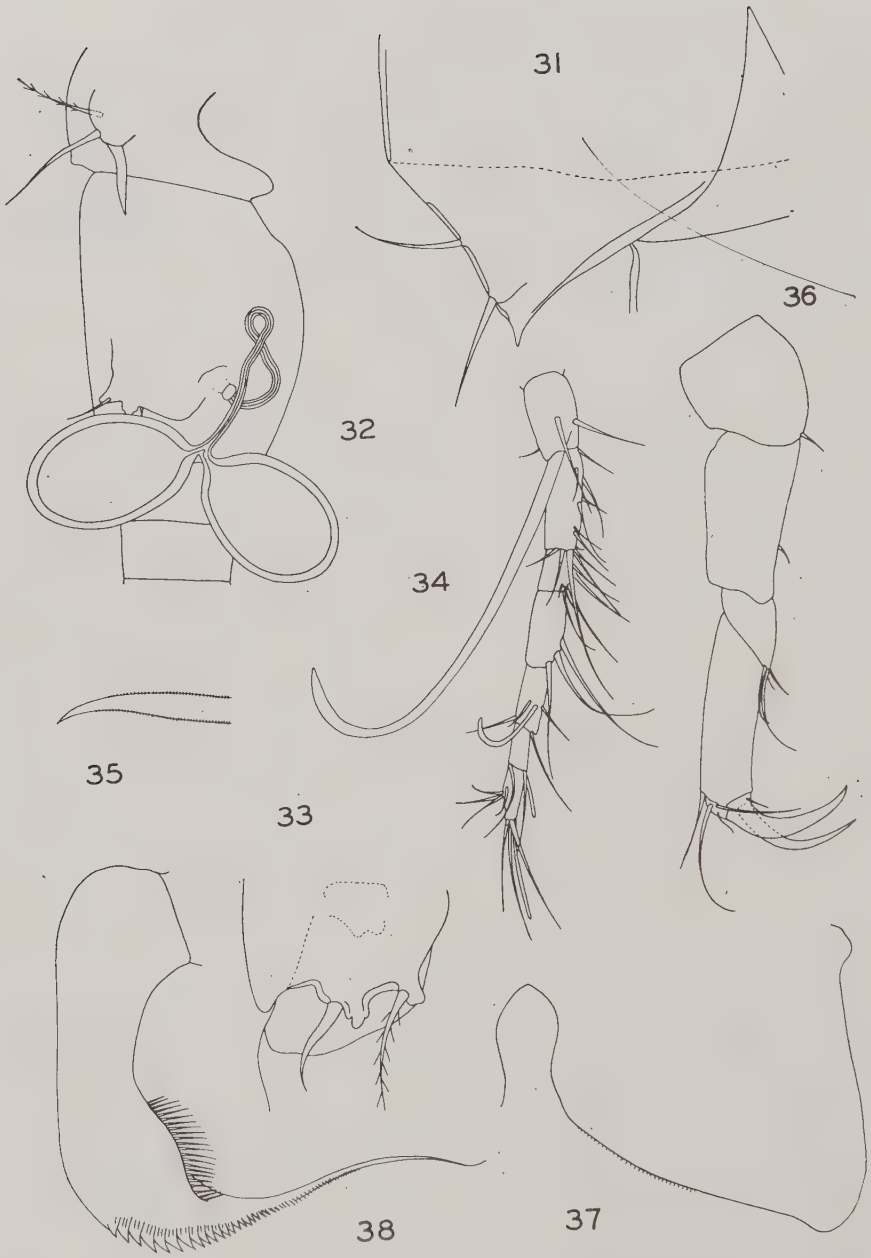


Fig. 31 à 38. — *Pseudanthessius notabilis* n. sp., mâle (suite). — 31, Sixième patte, ventrale (D). — *Pseudanthessius luculentus* n. sp., femelle. — 32, Segment génital, latéral, avec spermatophores attachés (C). 33, Région d'attachement d'un sac ovigère (D). 34, Première antenne (E). 35, Extrémité de la longue soie sur le premier article de la première antenne (G). 36, Deuxième antenne (E). 37, Bord postérieur du labre (G). 38, Mandibule (D).

(fig. 38) avec une rangée de longues soies minces sur son bord concave et une rangée de dents le long de son bord convexe. Paragnathe absent. Première maxille (fig. 39) avec trois soies nues de 13, 18, et 10 μ de long, la dernière beaucoup plus forte que les autres, environ de 4 μ de large. Deuxième maxille (fig. 40) en général analogue à celle de *P. notabilis*, mais la première dent de la plus longue rangée pas aussi forte. Maxillipède (fig. 41) probablement 3-articulé, mais l'articulation entre l'épine terminale et le troisième article difficile à distinguer. Premier article inerme, deuxième avec les deux soies internes ordinaires, troisième ayant une soie mince et deux épines chacune portant une rangée double d'épines. Région orale en général comme celle de l'espèce précédente.

Rames des pattes I-IV avec la même formule des épines et des soies que chez *P. notabilis*, les bords externes des rames souvent colorés d'un brun foncé. L'épine terminale sur le dernier article de l'exopodite de la première patte de 53 μ de long comme sur la fig. 42. Deuxième patte (fig. 43) avec le dernier article de l'endopodite pas aussi allongé que chez l'espèce précédente. Dernier article de l'endopodite de la troisième patte (fig. 44) moins allongé aussi et avec les épines plus étroitement égales en longueur (42, 47, et 66 μ). Quatrième patte (fig. 45) avec l'endopodite 96 × 25 μ, le bord externe un peu sinueux ou presque droit (fig. 46), les deux soies terminales de 43 et 48 μ. Dans deux dissections le bord externe de l'exopodite et le bord interne de l'endopodite d'un brun foncé comme indiqué par le pointillé sur la figure. Dans une troisième dissection les bords des rames transparents, peut-être chez un individu ayant récemment mué.

Cinquième patte (fig. 47) formée d'une soie forte de 24 μ dirigée en arrière, une soie nue voisine de 36 μ, et une soie plumeuse dorsale de 27 μ de long.

Rame caudale (fig. 48) plus longue que large, 59 × 36 μ, avec six soies, une soie dorsale pédicellée subterminale de 35 μ, une soie nue de 38 μ à mi-chemin sur le bord externe, et quatre soies plumeuses terminales de 176, 324, 336 et 210 μ de long en commençant par la plus externe. Deux petits poils sur la région basale externe de la rame comme chez *P. notabilis*.

Coloration sur le vivant en lumière réfléchie transparente, des bandes étroites rougeâtres brunes sur les bords de la tête et des segments thoraciques (fig. 49). Segment génital, segments abdominaux, rames caudales, et les soies sur les rames d'un brun foncé rougeâtre. Bases des premières antennes, les griffes des deuxième antennes, les bases des pattes et les bords des rames, et les extrémités des parties de la bouche d'un brun rougeâtre. Une bande ventrale longitudinale de chaque côté des parties de la bouche. Œil rouge. Sacs ovigères opaques, blancs.

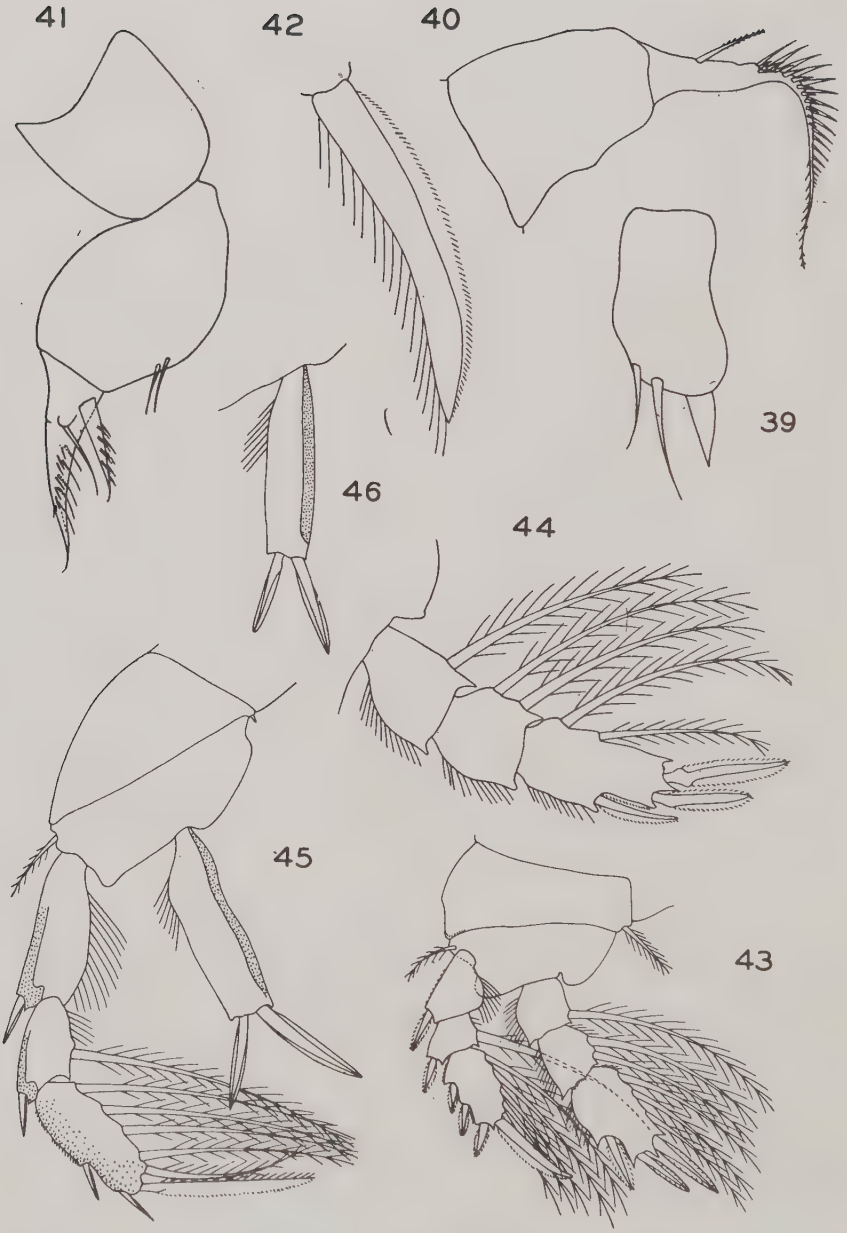


Fig. 39 à 46. — *Pseudanthessius luculentus* n. sp., femelle (suite). — 39, Première maxille (G). 40, Deuxième maxille (F). 41, Maxillipède (D). 42, Epine terminale du troisième article de l'exopodite de la première patte (G). 43, Deuxième patte (E). 44, Endopodite de la troisième patte (C). 45, Quatrième patte (C). 46, Endopodite de la quatrième patte (C).

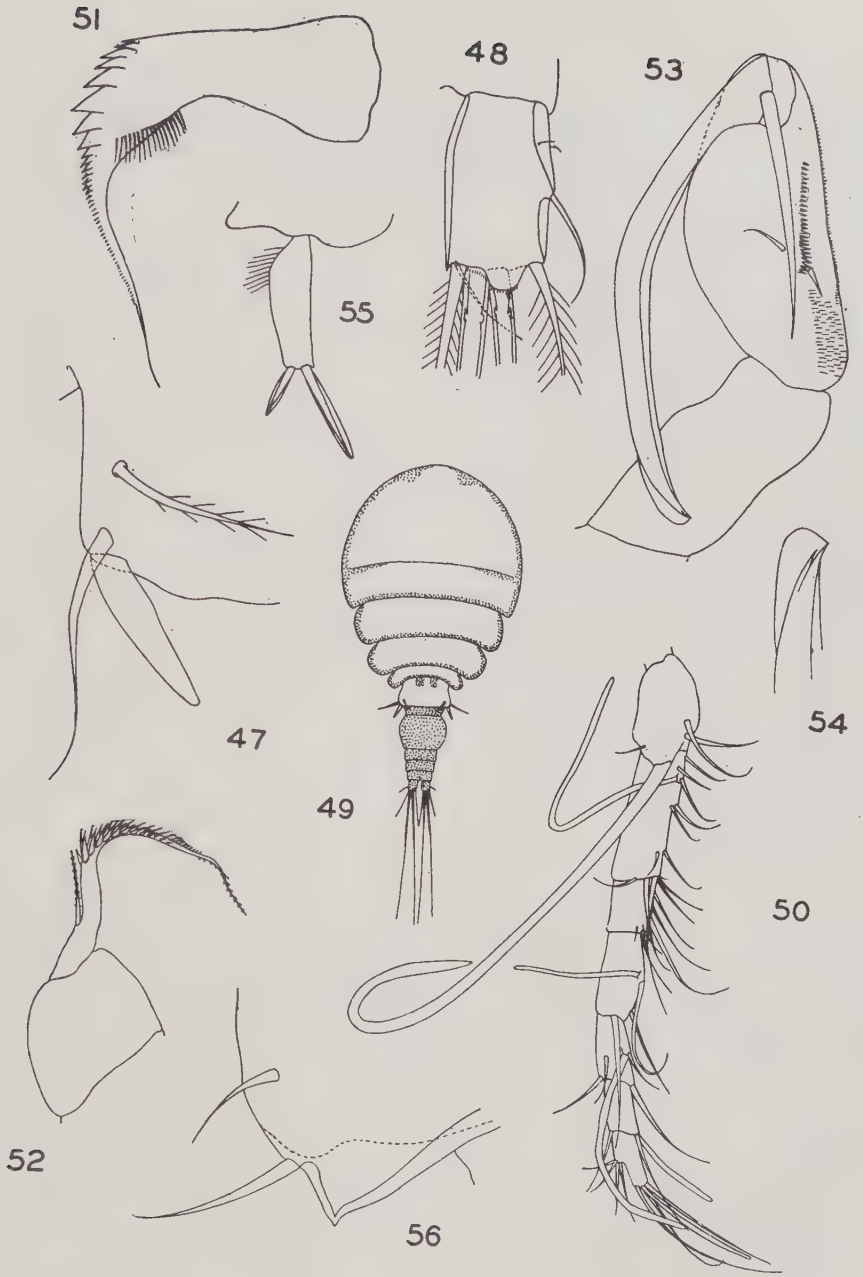


Fig. 47 à 56. — *Pseudanthessius luculentus* n. sp., femelle (suite). — 47, Cinquième patte (G). 48, Rame caudale, dorsale (F). 49, Vue dorsale montrant la coloration (A). — *Pseudanthessius luculentus* n. sp., mâle. 50, Première antenne (C). 51, Mandibule (D). 52, Deuxième maxille (F). 53, Maxillipède (F). 54, Apex de la griffe du maxillipède (G). 55, Endopodite de la quatrième patte (C). 56, Sixième patte, ventrale (G).

Male. — Corps un peu plus mince que chez la femelle, comme chez *P. notabilis*. Longueur totale 0,792 mm, largeur 0,348 mm, observation basée sur 2 spécimens. Segment génital 140 × 148 μ. Segments abdominaux de 37, 36, 31, et 31 μ respectivement. Deux spermatophores, chacun 78 × 56 μ.

Première antenne (fig. 50) avec les longueurs relatives des articles analogues à celles de la femelle. Une longue soie analogue ressemblant à un organe sensoriel sur le premier article. Un organe sensoriel sur les 2e, 4e, 5e, 6e, et 7e articles. Deuxième antenne et labre comme chez la femelle. Mandibule (fig. 51) avec les dents sur le bord convexe plus fortes que chez la femelle. Paragnathe absent. Première maxille comme chez la femelle. Deuxième maxille (fig. 52) analogue à la femelle mais avec les dents des deux rangées sur le flagelle un peu plus courtes et plus fortes. Maxillipède (fig. 53) 4-articulé, avec le premier article inerme, le deuxième avec deux soies internes et des petites épines et des poils comme indiqué, le troisième très petit et inerme, le quatrième transformé en une griffe longue de 176 μ, portant une soie sur sa base, et ayant une lamelle étroite le long de son bord concave et une lamelle large près de son apex sur le bord convexe (fig. 54).

Rames des pattes I-IV comme chez la femelle. Endopodite de la quatrième patte (fig. 55) 66 × 19 μ, ses bords comme chez la femelle. Soie terminale interne de 58 μ, la soie externe de 29 μ de long. Cinquième patte comme chez la femelle. Sixième patte (fig. 56) analogue à celle de *P. notabilis*.

Coloration sur le vivant comme celle de la femelle.

On peut facilement séparer *Pseudanthessius notabilis* Humes et Cressey et *P. luculentus* Humes et Cressey des seize autres espèces connues du genre (*assimilis* Sars 1917, *concinnus* Thompson et Scott 1903, *dubius* Sars 1918, *gracilis* Claus 1889, *graciloides* Sewall 1949, *latus* Illg 1950, *liber* (Brady et Robertson 1875), *mucronatus* Gurney 1927, *nemertophilus* Gallien 1935, *obscurus* A. Scott 1909, *pacificus* C. B. Wilson 1950, *Sauvagei* Canu 1891, *spinifer* Lindberg 1946, *tenuis* Nicholls 1944, *thorelli* (Brady et Robertson 1875) et *Weberi* A. Scott 1909). Il leur manque les longues soies sur le premier article de la première antenne, tellement marquantes chez les deux nouvelles espèces décrites ci-dessus. Ces espèces ont des rames caudales deux fois ou plus de deux fois aussi longues que larges, tandis que les deux nouvelles espèces ont les rames carrées ou au plus 1,64 plus longues que larges.

Les Copépodes des Oursins identifiés à *P. liber* par Sewall (1949) semblent différer de cette espèce par plusieurs caractères. Sewall lui-même a signalé dans la deuxième patte la courbure de l'épine terminale de l'exopodite et seulement deux au lieu de trois soies plumeu-

ses sur le dernier article de l'endopodite et dans la quatrième patte la longueur plus grande de l'externe des deux soies de l'endopodite. Sa fig. 32 A montre deux structures minces très inégales comme organes sensoriels sur le premier article de la première antenne, caractère pas retrouvé dans les descriptions et les figures publiées de *P. liber*. Nous inclinons à regarder les spécimens de Sewall comme différents de *P. liber*. Ces Copépodes semblent différer des deux nouvelles espèces décrites ci-dessus par la courbure de l'épine terminale sur l'exopodite de la deuxième patte, la longueur inégale des deux organes sensoriels (?) sur la première antenne, et l'entaille légère sur le bord externe de l'endopodite de la quatrième patte. Nous considérons ces Copépodes des Iles Nicobar comme une espèce inédite, mais voisine de *P. notabilis* et *P. luculentus*.

BIBLIOGRAPHIE

Brady (G.S.) et Robertson (D.), 1875. — Report on dredging off the coast of Durham and North Yorkshire in 1874. — *Rept. 45th Meeting British Assoc. Adv. Sci.*, 1875, pp. 185-199.

Canu (E.), 1891. — Les Copépodes du Boulonnais. V. Les semi-parasites. — *Bull. Sci. France Belgique, 23 :* 467-487.

Claus (C.), 1889. — Uber neue oder wenig bekannte halbparasitische Copepoden insbesondere der Lichomolgiden-und Ascomyzontiden-Gruppe. — *Arb. zool.Inst. Univ. Wien, 8 :* 327-370.

Gallien (L.), 1935. — *Pseudanthessius nemertophilus* nov. sp., Copépode commensal de *Lineus longissimus* Sowerby. — *Bull. Soc. zool. France, 60 :* 451-459.

Gurney (R.), 1927. — Zoological results of the Cambridge Expedition to the Suez Canal, 1924. XXXIII. Report on the Crustacea : Copepoda (Littoral and Semi-parasitic). — *Trans. zool. Soc. London, 12 :* 451-577.

Illg (P. L.), 1950. — A new copepod, *Pseudanthessius latus* (Cyclopoida : Lichomolgidae), commensal with a marine flatworm. — *Jour. Washington Acad. Sci., 40 :* 129-133.

Lindberg (K.), 1945. — Un nouveau Copépode Poecilostome de l'Inde de la famille des Lichomolgidae : *Pseudanthessius spinifer*, n. sp. — *Bull. Soc. zool. France, 70 :* 81-84.

Nicholls (A.G.), 1944. — Littoral Copepoda from South Australia, II. Calanoida, Cyclopoida, Notodelphyoida, Monstrilloida and Caligoida. — *Rec. So. Australian Mus., 8 :* 1-62.

Sars (G. O), 1917. — An account of the Crustacea of Norway with short descriptions and figures of all the species. VI. Copepoda Cyclopoida, parts XI and XII Clausidiidae, Lichomolgidae (part). Bergen, pp. 141-172.

Id., — 1918. — An account of the Crustacea of Norway with short descriptions and figures of all the species. VI, Copepoda Cyclopoida, parts XIII and XIV Lichomolgidae (concluded), Oncaeidae Corycaeidae, Ergasilidae, Clausiidae, Eunicicolidae, Supplement. — Bergen, pp. 173-225.

Sewall (R.B.S.), 1949. — The littoral and semi-parasitic Cyclopoida, the Monstrilloida and Notodelphyoida. — *John Murray Exped.*, 1933-34, *Scient. Repts., 9 :* 17-199.

Scott (A.), 1909. — The Copepoda of the Siboga Expedition. Part I, Free-swimming, littoral and semi-parasitic Copepoda. — *Siboga Exped. Uitkom. Zool. Nederl. Oost-Indie* (1899-1900), *Monogr. 29a*, pp.1-323.

Thompson (I.C.) et Scott (A.), 1903. — Report on the Copepoda collected by Professor Herdman at Ceylon in 1902. — *Rept. Govt. Ceylon Pearl Oyster Fish. Gulf Manaar*, part I, pp. 227-307.

Wilson (C.B.), 1950. — Copepods gathered by the United States Fisheries Steamer « Albatross » from 1887 to 1909, chiefly in the Pacific Ocean. — *U.S. Nat. Mus. Bull.*, 100, vol. 14, pp. 141-441.

MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Série F. — Tome III. — 1959

LICHOMOLGUS OREASTRIPHILUS (KOSSMANN) COPEPODE CYCLOPOIDE PARASITE DES ETOILES DE MER A MADAGASCAR

par

Arthur G. HUMES et Roger F. CRESSEY (*)

Pendant la recherche des Copépodes parasites des Echinodermes littoraux à Nossi-Bé, Madagascar, *Lichomolgus oreastriphilus* (Kossmann 1877), espèce connue jusqu'à présent seulement d'*Asterope (= Asteropsis) carinifera* (Lamarck) à Massaua dans la Mer Rouge, a été découverte sur quatre autres espèces d'Astéries.

Nous voulons remercier P. Fourmanoir, de la Station Océanographique de Nossi-Bé, pour son assistance dans la récolte des étoiles de mer et G. Cherbonnier, du Muséum de Paris, pour les déterminations de ces hôtes.

Cette étude a été aidée par une bourse accordée au premier auteur par la Fondation Guggenheim et par une bourse de la Fondation Nationale de Science des Etats-Unis.

Lichomolgus (Stellicola) oreastriphilus Hossmann 1877

Spécimens étudiés. — 107 femelles et 88 mâles de la surface du corps de 16 Etoiles de mer, *Protoreaster Lincki* (Blainville), à une profondeur d'un mètre ou moins à marée basse à Nossi-Bé, le 13 juin 1955. 125 copépodes de 8 *Culcita schmideliana* (Retzius) à un mètre à marée basse à Tany Kely, près de Nossi-Bé, le 19 juin 1955. 75 copépodes de 2 *Pentaceraster mammillatus* (Audouin) à marée basse à Nossi-Komba, près de Nossi-Bé, le 20 juin 1955. 6 copépodes de 17 *Poraster superbus* (Möbius) à quatre mètres à Pointe Lokobe, Nossi-Bé, le 23 juin 1955.

Femelle. — Corps élargi (fig. 1), la tête et le thorax ensemble environ 1.13 fois plus long que large (mesuré de l'extrémité antérieure au bord postérieur du segment portant les quatrième pattes.) Longueur totale, y compris les rames caudales mais pas leurs soies,

(*) Department of Biology, Boston University, Boston, Mass., U.S.A.

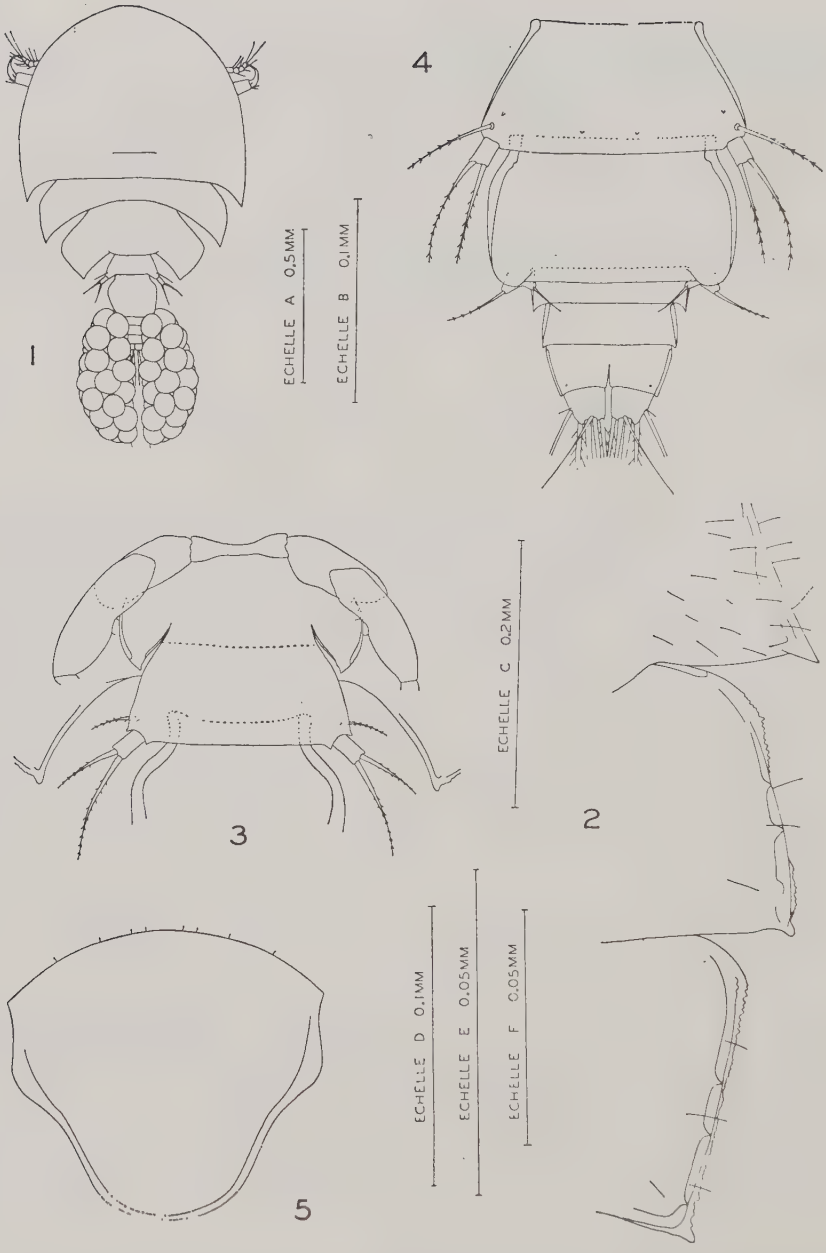


Fig. 1 à 5. — *Lichomolgus oreastriphilus* (Kossmann), femelle. 1, Vue dorsale (A). 2, Bords des segments thoraciques (B). 3, Vue ventrale du segment portant la quatrième patte (C). 4, Segment génital et abdomen, dorsal (C). 5, Rostre, ventral (C) (*).

(*) Toutes les figures ont été dessinées à la chambre claire. La lettre après l'explication de chaque figure renvoie à l'échelle à laquelle elle a été dessinée.

0,944 mm (0,900-1,008 mm), largeur 0,630 mm (0,600-0,660 mm), observation basée sur 10 spécimens. Segment de la première patte (deuxième segment thoracique) séparé de la tête seulement par un court sillon médian transverse. Bords des segments portant les deuxième et troisième pattes (fig. 2) finement serrés, avec les angles postérieurs pointus. Surface dorsale de la tête et du thorax avec de très petits poils. Régions latérales du segment portant les quatrième pattes formant un lobe (fig. 3) de chaque côté de la jonction avec le segment des cinquième pattes, ces lobes ventraux au tergum du segment précédent et cachés par ce tergum en vue dorsale. Segment génital (fig. 4) plus large que long, 102 × 174 μ. Abdomen (fig.4) 3-segmenté, les segments de 30, 33 et 36 μ de long respectivement de l'antérieur au postérieur.

Sacs ovigères (fig. 1) plus de deux fois aussi longs que le segment génital et l'abdomen ensemble, 456 × 204 μ, chaque sac contenant environ 21 œufs de 80 μ de diamètre.

Rostre (fig. 5) de 230 μ de long, recourbé ventralement et s'étendant presque jusqu'au labre entre les bases des deuxième antennes. Première antenne (fig. 6) 8-articulée, les longueurs des articles (mesurés le long de leurs marges postérieures) 31, 104, 9, 25, 42, 25, 17 et 14 μ respectivement. Troisième article (fig. 7) court, avec une seule soie. Un organe sensoriel sur le sixième et le huitième articles. Une soie délicatement plumeuse sur le sixième et le septième et deux soies semblables sur le dernier article. Deuxième antenne (fig. 8) mince, de trois articles, la largeur du troisième article étant seulement de 34 μ. Deux premiers articles courts (85 μ) à une seule soie interne. Troisième article allongé (156 μ) à trois soies sur son bord interne, trois à son angle distal externe, et terminalement à une petite soie et une grande griffe recourbée (fig. 9) de 84 μ de long et bien sclérifiée, sa partie distale ayant un aspect finement strié.

Labre (fig. 10) profondément échancré, avec deux lobes larges dirigés postérieurement. Mandibule (fig. 11) avec une rangée de dents le long d'un bord et une rangée de soies le long de l'autre bord. Flagelle distal finement barbelé. Première maxille (fig. 12) de 30 μ de long à trois soies terminales de 40, 24, et 14 μ de long. Deuxième maxille (fig. 13) avec un grand article basal et un long et mince article distal, portant deux soies, une d'elles plumeuse, l'autre à épines latérales, et ayant à son apex deux épines et une rangée d'épines plus fines. Maxillipède (fig. 14) avec trois articles, le premier de 43 μ de long et inerme, le deuxième de 54 μ et inerme, le dernier (fig. 15) seulement 19 μ de long, effilé, à une très petite épine latérale.

Rames des pattes 1-4 triarticulées, excepté l'endopodite de la quatrième patte qui est 2-articulé. Formule des épines et des soies comme suit :

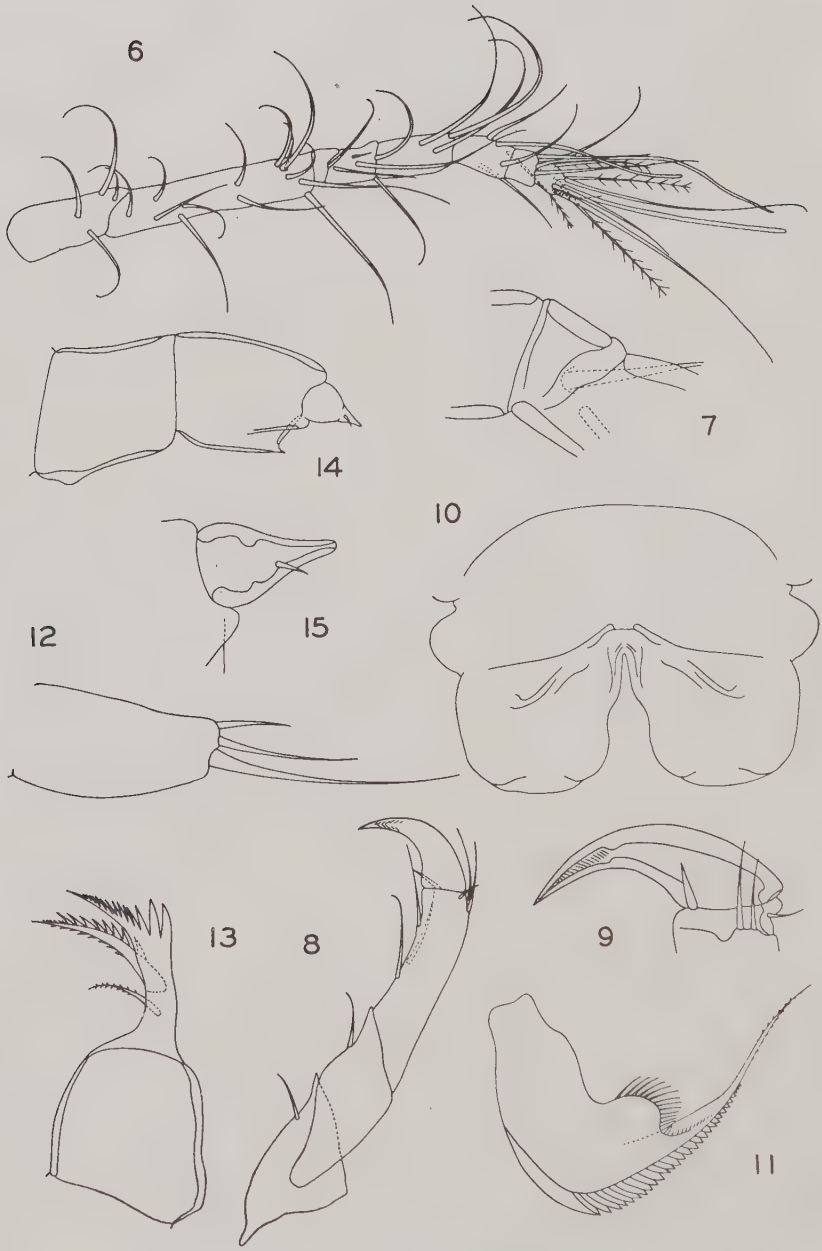


Fig. 6 à 15. — *Lichomolgus oreastriphilus* (Kossmann), femelle (suite). 6, Première antenne (B). 7, Troisième article de la première antenne (D). 8, Deuxième antenne (C). 9, Apex de la deuxième antenne (E). 10, Labre (E). 11, Mandibule (E). 12, Première maxille (D). 13, Deuxième maxille (E). 14, Maxillipède (E). 15, Apex du maxillipède (D).

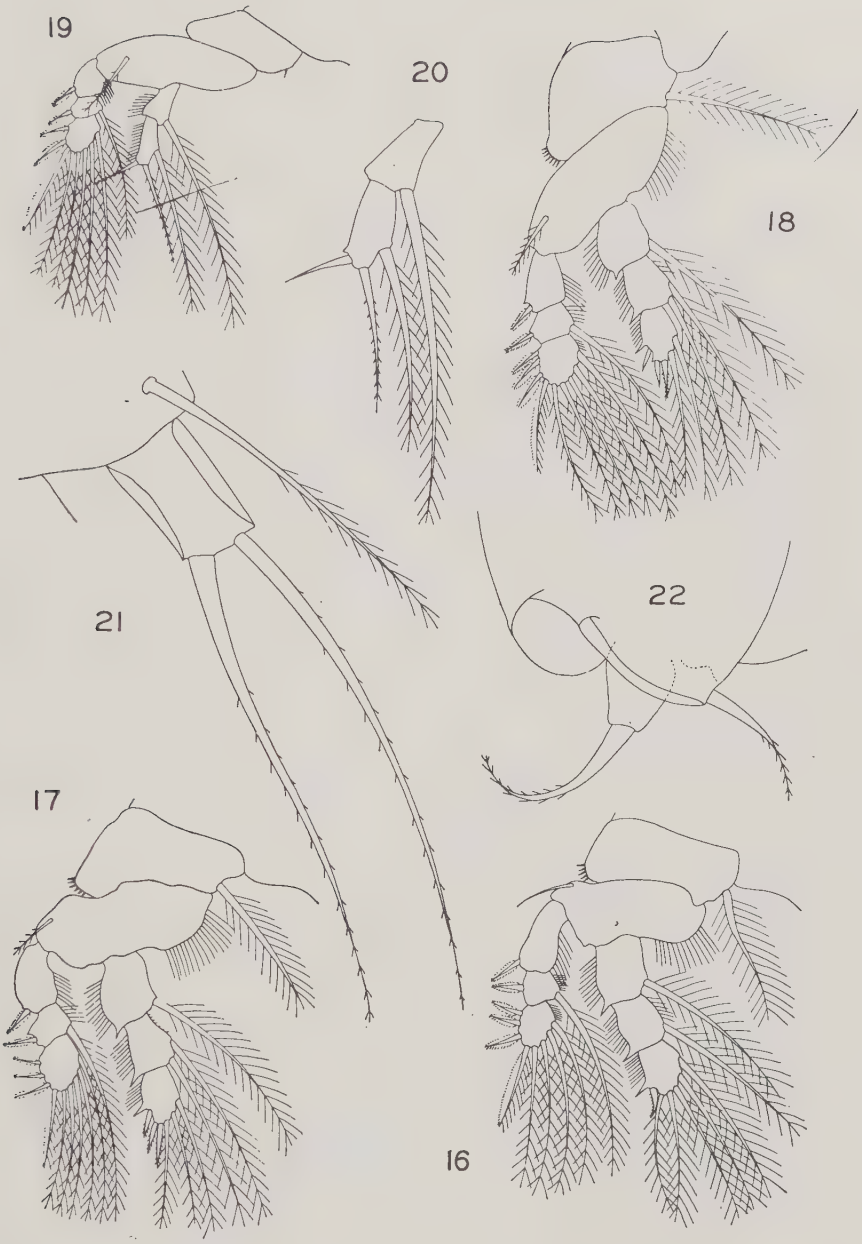


Fig. 16 à 22. — *Lichomolgus oreastriphilus* (Kossmann), femelle (suite). 16, Première patte (C). 17, Deuxième patte (C). 18, Troisième patte (C). 19 Quatrième patte (C). 20, Endopodite de la quatrième patte (E). 21, Cinquième patte (D). 22, Sixième patte (D).

	1re patte		2e patte		3e patte		4e patte	
	exp	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*	*exp*	*end*
1er article	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1	1 : 0	0 : 1
2e article	1 : 1	0 : 1	1 : 1	0 : 2	1 : 1	0 : 2	1 : 1	3
3e article	8	6	9	6	9	5	8	

Première patte (fig. 16) avec trois épines frangées marginales, une épine terminale frangée d'un côté mais plumeuse de l'autre, et quatre soies plumeuses sur le dernier article de l'exopodite, et une épine et cinq soies internes sur le dernier article de l'endopodite. Deuxième patte (fig. 17) à une soie plumeuse additionnelle sur le dernier article de l'exopodite et à trois épines externes et trois soies plumeuses internes sur le dernier article de l'endopodite. Deuxième article de l'endopodite à deux soies. Troisième patte (fig. 18) avec l'exopodite comme celui de la deuxième patte, mais avec trois épines et deux soies plumeuses sur le dernier article de l'endopodite, les épines mesurant 14, 17, et 27 μ de long en commençant par la proximale.

Quatrième patte (fig. 19) avec le dernier article de l'exopodite à deux épines frangées externes, une longue épine terminale frangée d'un côté mais plumeuse de l'autre, et cinq soies plumeuses. Endopodite (fig. 20) avec le premier article de 28 μ de long, ayant une rangée de poils le long de son bord externe et portant une soie plumeuse distale interne. Deuxième article de 30 × 13 μ, portant une soie plumeuse interne de 90 μ de long et deux soies terminales, l'interne de 55 μ, l'externe de 25 μ, toutes les deux finement barbelées, et avec une rangée de poils sur la marge interne et la marge externe de l'article. Soie interne du coxopodite très petite (6 μ) et nue, au lieu de longue et plumeuse comme dans les pattes 1-3.

Cinquième patte (fig. 21) d'un seul article rectangulaire 20 × 12 μ, à deux soies terminales, l'externe de 95 μ, l'interne de 77 μ, toutes les deux finement barbelées. Soie externe près de la base de l'article de 56 μ de long, plumeuse. Sixième patte (fig. 22) probablement représentée par les deux soies près de l'attachement de chaque sac ovigère.

Rame caudale (fig. 23) un peu plus longue que large, 24 × 26 μ, à sept soies, une soie plumeuse dorsale subterminale de 56 μ de long, deux soies longues terminales bien sclérifiées finement barbelées, l'externe de 288 μ, l'interne de 448 μ, une soie plumeuse de 154 μ à l'angle interne distal et une autre de 124 μ à l'angle externe distal, une soie externe subterminale de 62 μ, et sur le bord externe de la rame une soie très mince de 17 μ de long. Extrémité distale de la rame avec une saillie ventrale ayant un bord cilié et s'étendant un peu au delà de l'insertion des longues soies.

Coloration sur le vivant en lumière réfléchie transparente, excepté l'œil rouge, l'ovaire noirâtre, et les sacs ovigères opaques, gris.

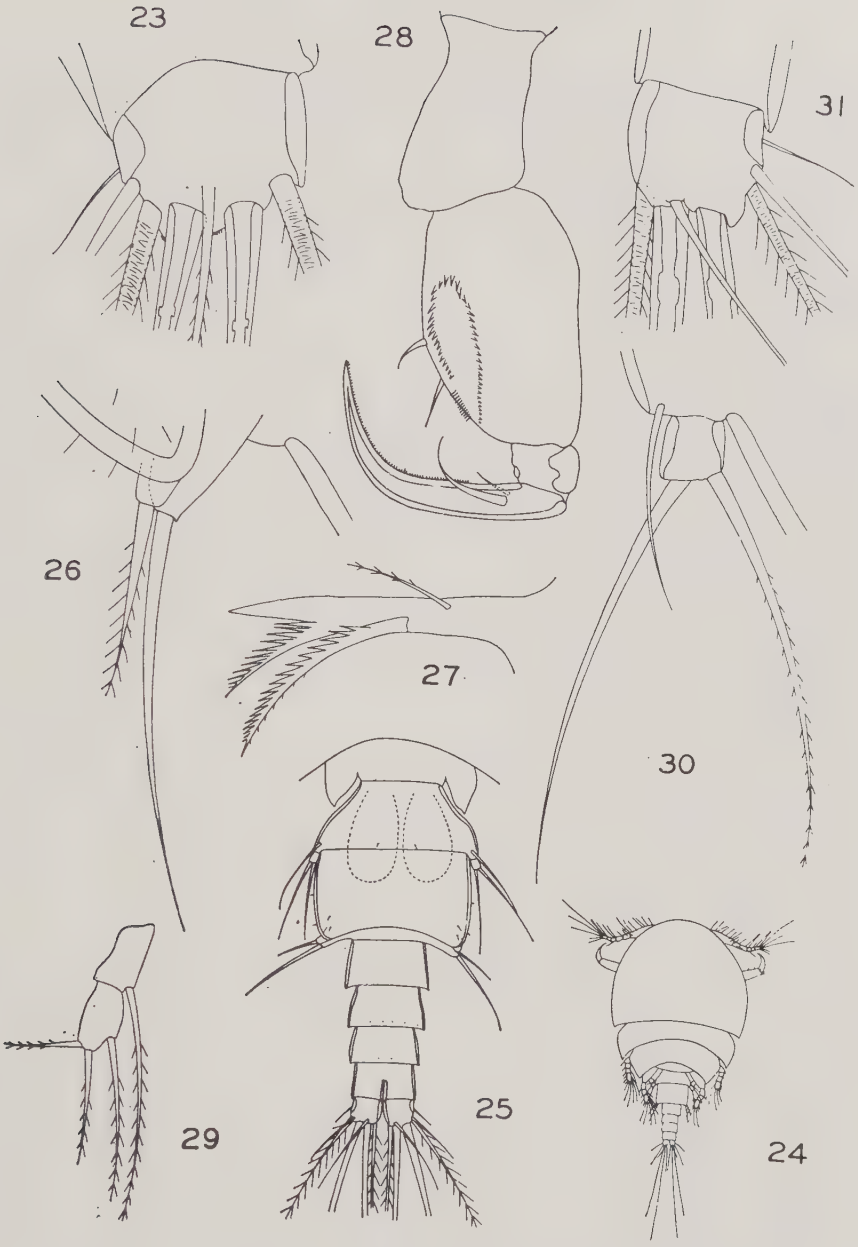


Fig. 23 à 31. — *Lichomolgus oreastriphilus* (Kossmann), femelle (suite). 23, Rame caudale, dorsale (D). — *Lichomolgus oreastriphilus* (Kossmann), mâle. 24, Vue dorsale (A). 25. Segment génital et abdomen, dorsal (C). 26, Sixième patte (D). 27, Apex de la deuxième maxille (D). 28, Maxillipède (F). 29, Endopodite de la quatrième patte (E). 30, Cinquième patte (D). 31, Rame caudale, dorsale (D).

Male. — Conformation du corps (fig. 24) rappelant celle de la femelle. Longueur totale 0,667 mm (0,600-0,720 mm), largeur 0,393 mm (0,288-0,432 mm), observation basée sur 10 spécimens. Segment génital (fig. 25) environ deux fois plus long que large, 61 × 111 μ, les angles postérieurs portant deux soies (fig. 26), une d'elles nue 65 μ, l'autre plumeuse 42 μ, représentant les sixième pattes. Abdomen (fig. 25) 4-segmenté, plus allongé que chez la femelle, les segments de 32, 32, 29 et 30 μ de long respectivement et inermes. Spermatophores indistincts.

Rostre, première antenne, deuxième antenne, labre, mandibule, et première maxille comme chez la femelle. Deuxième maxille avec l'article mince distal ayant à son apex un seul grand processus spiniforme et une rangée de plus petites épines (fig. 27). Maxillipède (fig. 28) 4-articulé, le premier article nu de 36 μ de long, le deuxième de 55 μ à deux soies, un demi-cercle allongé d'épines, et une rangée d'épines plus minces sur sa surface interne. Troisième article de 10 μ de long, inerme. Quatrième article en forme de griffe recourbée finement pectinée le long de son bord concave et portant deux soies inégales près de sa base.

Rames des pattes 1-3 comme chez la femelle. Quatrième patte très analogue à celle de la femelle, mais les proportions des deux articles de l'endopodite (fig. 29) un peu différentes, le premier 22 × 12 μ, le deuxième 24 × 12 μ.

Cinquième patte (fig. 30) avec l'article de 10 × 8 μ, sa soie externe terminale de 70 μ de long et nue, sa soie interne terminale de 67 μ et finement barbelée. Sixième patte comme dans les fig. 25 et 26.

Rame caudale (fig. 31) un peu plus longue que large, 21 × 19 μ, mais pour le reste analogue à celle de la femelle.

Coloration comme chez la femelle.

Nous croyons que le Copépode trouvé sur les Astéries à Madagascar représente la même espèce que le Copépode décrit et nommé par Kossmann (1877) *Stellicola oreastriphilus*. (Nous suivons l'opinion de Monod et Dollfus (1932) et de Bocquet (1952) que *Stellicola* est un sous-genre de *Lichmolgus*). Bien que la description originale et les figures ne soient pas aussi complètes qu'on pourrait le désirer, il y a plusieurs similarités fondamentales. Kossmann a décrit seulement la femelle, ainsi il est impossible de comparer les mâles. La longueur des spécimens de Kossmann est 0,86 mm, seulement un peu plus faible que pour ceux de Madagascar. La proportion de la tête à la longueur du corps chez les Copépodes de la Mer Rouge est 52 : 86 et chez ceux de Madagascar 61 : 102. La longueur du segment génital et l'abdomen dans les deux cas est un cinquième de la longueur du corps. La largeur la plus grande de la tête égale la distance de l'extrémité antérieure au milieu du troisième segment thoracique (deuxième

segment libre) chez les spécimens de la Mer Rouge (585 μ) et chez ceux de Madagascar la proportion de ces deux dimensions est 660 : 732 μ. Quoique Kossmann décrive la première antenne comme 7-articulée, il n'a probablement pas vu le très petit troisième article. Chez les Copépodes de la Mer Rouge la longueur de la première antenne égale la moitié de la longueur de la tête et chez ceux de Madagascar la proportion est 267 : 660 μ. Chez les premiers, le deuxième article de la première antenne est aussi long que les autres ensemble, et chez les derniers la proportion n'est pas très différente, 104 : 126 μ. Dans les deux groupes de Copépodes, la deuxième antenne est aussi longue que la première antenne. Chez les Copépodes de la Mer Rouge, Kossmann a donné la distance entre les bases des deuxième antennes comme un quart de la longueur du corps (0.23 mm), et chez ceux de Madagascar cette distance est 0.2 mm. Kossmann n'a pas décrit directement la plupart des traits qui restent, mais il a dit qu'ils sont les mêmes que chez *Stellicola Thorelli* qu'il a décrit aux pages précédentes. Bien qu'on observe quelques différences dans l'armature des pattes I-IV quand on compare la description et les figures de *S. Thorelli* avec les Copépodes de Madagascar, la signification de ces différences devient contestable, parce que la comparaison n'est pas directe (entre l'*oreastriphilus* de Kossmann et les spécimens de Madagascar). La cinquième patte d'*oreastriphilus* (fig. 1b, planche II, de Kossmann) ressemble très étroitement à celle des Copépodes de Madagascar.

Une petite différence semble exister dans la longueur des soies des rames caudales, qui chez *oreastriphilus* de la Mer Rouge ne sont presque pas plus longues que l'abdomen (par l'abdomen, Kossmann entend le segment génital et l'abdomen), mais qui chez les spécimens de Madagascar ont la proportion de 448 : 204 μ. Cependant on doit évaluer une telle différence apparente avec soin, parce que ces longues soies cassent facilement chez les spécimens en alcool.

L'hôte des Copépodes de Kossmann, *Asterope carinifera* (Lamarck) (voir Clark, 1946, p. 109, pour la synonymie) appartient à la famille des *Asteropidae* (voir Fisher, 1911), et suivant Clark (1946) se trouve de Mozambique, Zanzibar, et la Mer Rouge aux Iles Hawaï et aux Iles de la Société. Le nom spécifique, *oreastriphilus*, est un peu trompeur, parce que l'hôte de la Mer Rouge n'est pas un des *Oreasteridae*.

Tous les hôtes des Copépodes de Madagascar, *Protoreaster lincki* (Blainville), *Pentaceraster mammillatus* (Audouin), *Culcita schmideliana* (Retzius), et *Poraster superbus* (Möbius), appartiennent à la famille des *Oreasteridae* (voir Döderlein, 1936). De ceux-ci *P. mammillatus* est connue de la Mer Rouge (Döderlein, 1936). Une autre espèce de *Culcita*, *C. coriacea* Müller et Troschel, a été trouvée dans la Mer Rouge, suivant Hartlaub (1892). Puisque les distributions des Astéries qui sont les hôtes se superposent, et puisque *Lichomolgus*

oreastriphilus habite au moins cinq espèces d'Etoiles de mer, il semble raisonnable de supposer une distribution générale de ce Copépode de la Mer Rouge à Madagascar.

BIBLIOGRAPHIE

Bocquet (C.), 1952. — Copépodes semi-parasites et parasites des Echinodermes de la région de Roscoff. Description de *Lichomolgus asterinae* n. sp. — *Bull. Soc. Zool. France, 77 :* 495-504.

Clark (H.L.), 1946. — The echinodern fauna of Australia, its composition and its origin. — *Carnegie Inst. Washington,* publ. 566, pp.1-567.

Döderlein (L)., 1936. — Die Asteriden der Siboga-Expedition. III. Die Unterfamilie Oreasterinae. — *Siboga Exped. Uitkom. Nederl. Oost-Indie* 1899-1900, *Monogr 46c,* pp. 295-369.

Fisher (W.K.), 1911. — Asteroidea of the North Pacific and adjacent waters. Part I. Phanerozonia and Spinulosa. — *U. S. Nat. Mus. Bull.*, 76, pp. 1-406.

Hartlaub (C.), 1892. — Ueber die Arten und den Skelettbau von *Culcita.* — *Notes Leyden Mus., 14:* 65-118.

Kossmann (R.), 1877. — Entomostraca. In : *Zool. Ergeb. Reise Küstengeb. Rothen Meeres,* Erste Halfte, IV, pp.1-24.

Monod (T.) et Dollfus (R.-Ph.), 1932. — Les Copépodes parasites de Mollusques. — *Ann. Parasitol. hum. et comp., 10 :* 129-204.

ISOPODA PARASITIC ON MADAGASCAR FISH

by

Dr. K. H. BARNARD (*)

Fam. Cymothoidae

Cymothoa borbonica Sch. and. Mein.

1884. Schiodte and Meinert, *Nat. Tidsskr.*, (3). XIV, p. 282, pl. 10, fig. 7, 8.
1904. Stebbing, Fauna Mald. Laccad. Archip., II, pl. 3, p. 709.
1920. Barnard, *Ann. S. Afr. Mus.*, XVII, p. 357.

Numerous specimens from gills of *Epinephelus tauvina*, Nosy Iranja (P. Fourmanoir) 20 nov. 1955.

Distribution. — Isle of Bourbon (Schiodte and Meinert) ; Maldives, on gills of Parrot-fish (Stebbing) ; Durban (Barnard).

Fam. Aegidae

Aega chelipous n. sp. (Fig. 1)

Body narrow, surface closely punctate, the punctae on the pleon segments more or less in longitudinal lines, especially laterally.

Head with a small rostral point, not meeting frontal lamina. Eyes large, separated by 0.75 mm. (width of head 5 mm).

Frontal lamina quadrangular, broader in front than posteriorly, and slightly longer than anterior width, concave.

Telson a little shorter than basal width, apically truncate, slightly arcuate with small median point.

Peraeopods 1 and 2 normal. Peraeopod 3 less robust than peraeopod 2, 6 th segment shorter than 5 th, inner distal apex with an arti-

(*) *S. African Museum, Cape Town.*

culated process, very similar in shape to the dactylus, tapering to an acute apex, dactylus, slightly curved (not strongly curved as in other species) ; the process is articulated on the anterior surface of the peraeopod ; it is transversely finely striated, but whether this is due to internal structure or to surface sculpture is not easy to determine.

Peraeopods 4-7 normal, slender.

26 × 8.5 mm. One ♀ specimen on *Carcharinus* sp. captured at 160 metres, 1° sept. 1957. Antany-Faly. (P. Fourmanoir).

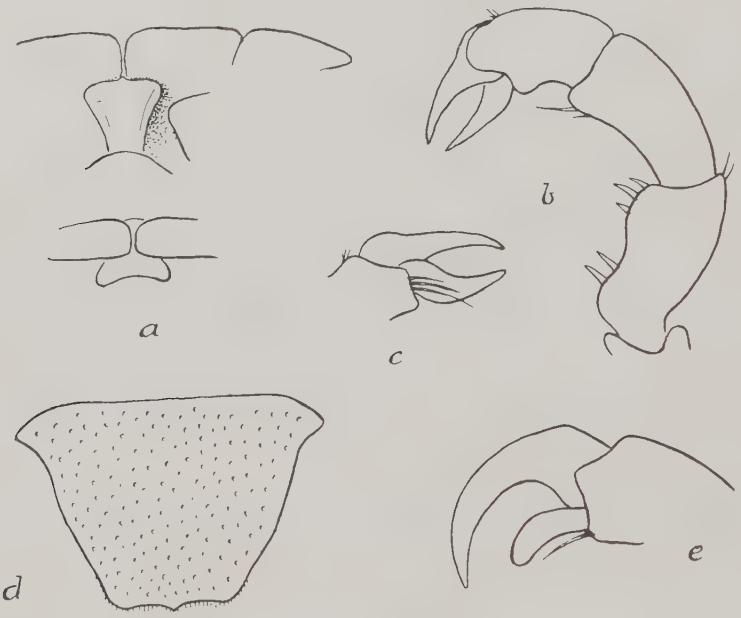


Fig. 1. — *Aega chelipous* n. sp. *a*, ventral and frontal views of frontal lamina. *b*, 4th-6th segment and chela of peraeopod 3 posterior view. *c*, anterior view of chela. *d*, telson. *e*, anterior view of 6th segment and dactylus, with cultrate process of *Aega Webbii*, for comparison.

Remarks. — Separated from all other species by the distinction of the 3rd peraeopod. The process on the 6th segment of this leg in *crenulata* (Sars, 1897, pl. 25, fig. 3), *angustata* (Whitelegge, 1901, fig. 21*d*) *dofleini* (Thielemann, 1910, fig. 32), *concinna* (Hale, 1940, fig. 6*e*), and *Webbii* (figure herewith for comparison) is smaller than the falcate dactylus, its curvature following that of the dactylus, its apex blunt.

In *crenulata*, *concinna* and *Webbii* this cultrate process is found on the 2nd as well as on the 3rd peraeopod ; in *angustata* and *dofleini* on the 3rd only. In *ommatophylax* Stebbing 1905 it is also found on the 2nd and 3rd legs, but arises from the 5th segment.

Aega *cf.* **punctulata** Miers (Fig.2)

1881. Miers, *Proc. Zool. Soc. Lond.*, p. 77, pl. 7, fig. 10-12.
1937. Hale, *Australas. Antarct. Exp. Rep.*, II, pt. 2, p. 17, fig. 5.

Surface closely punctate. A small rostral point meeting the frontal lamina but at a lower level, and scarcely separating the bases of the first antennae. Eyes moderate, separated by a distance about equal to the minor diameter of the eye.

Frontal lamina about as broad as long, lateral margins coarctate, plane of anterior half separated from that of posterior half by a curved ridge on either side but not continuous across middle line.

Peraeopods normal. No process on either 2nd or 3rd peraeopod. Inner margin of 4th segment of peraeopods 1-3 with 2 stout spines (cf. Hale, fig. 5*d*).

32 × 13 mm. One ♀ specimen on *Carcharinus* sp. captured at 160 metres, 10 sept. 1957. Antany-Faly. (P. Fourmanoir).

Fig. 2. — *Aega cf. punctulata* Miers. Ventral view of frontal lamina.

Remarks. — The frontal lamina of the present specimen is, by itself, almost sufficient to justify the institution of a separate species ; but until more material is available for direct comparison, I record the Madagascar example provisionally as *punctulata.*

As Hale remarks, Miers did not describe the frontal lamina of his specimen. Hale's figure 5*b* gives the impression of a uniformly flat (or possibly concave) plate, with slightly raised or costate lateral margins.

The telson closely resembles that of Hale's specimen, though there is no distinct median line of punctae.

Distribution. — Straits of Magellan (Miers) ; Tasmania (Hale).

MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Série F. — Tome III. — 1959

LES ESPECES INDO-PACIFIQUES DU GENRE GLOBOPILUMNUS (CRUSTACEA BRACHYURA XANTHIDAE)

par

Danièle GUINOT-DUMORTIER

C'est sur la demande du Dr. C.H. EDMONDSON, du Bernice P. Bishop Museum de Honolulu, que nous avons tout d'abord examiné l'une des espèces étudiées, qui figurait dans la littérature carcinologique sous le nom de *Pilumnus ovalis* A. Milne Edwards, 1867. Après avoir rattaché cette espèce au genre *Globopilumnus*, nous avons été amenée à examiner les quelques spécimens de ce genre conservés dans la collection du Muséum, et c'est le résultat de nos observations qui est rapporté ici.

Pilumnus ovalis n'est connu que par l'holotype mâle décrit par A. MILNE EDWARDS en 1867 (p. 280) ; par la suite, l'espèce n'a plus été que mentionnée — sans nouvelle récolte — par M. J. RATHBUN dans sa monographie des Brachyoures des Iles Hawaï (1906, p. 864) et par H. BALSS qui la cite sans commentaires dans son mémoire sur les *Pilumnus* (1933, p. 12).

L'examen de l'holotype nous révèle, tant par sa morphologie externe que par celle des pléopodes mâles, qu'il s'agit là, non d'un *Pilumnus* mais d'un *Menippinae*, du genre *Globopilumnus* Balss, 1933 et plus précisément de l'espèce type du genre, *G. globosus* (DANA, 1852).

Nous avons pu confirmer cette hypothèse par la comparaison de *Pilumnus ovalis* avec les échantillons suivants : un spécimen mâle de la collection des indéterminés du Muséum, que nous identifions à *Globopilumnus globosus* (DANA), les deux syntypes de *Pilumnus margaritatus* Ortmann, 1893 (Musée de Strasbourg), espèce mise en synonymie par BALSS (*loc. cit.*, p. 7) avec *G. globosus*, et enfin deux exemplaires de ce dernier déterminés par MIERS en 1886 (B.M.) (1)

De plus, l'observation faite au British Museum de trois syntypes d'*Actumnus elegans* de Man, 1887-88, nous a permis, à l'encontre de l'opinion de BALSS (*loc. cit.*, p.7), qui rapporte cette espèce à *Globo-*

(1) B.M. désigne le British Museum et M.P. le Muséum de Paris.

pilumnus globosus, de la replacer, hors des *Menippinae*, dans le genre où elle fut primitivement décrite; l'examen des deux pléopodes mâles rend indiscutable son attribution aux *Pilumninae* (voir aussi CHOPRA et DAS, 1937, p. 408-410).

Etendant notre étude aux deux autres espèces indo-pacifiques de *Globopilumnus*, *G. actumnoides* (A. Milne Edwards, 1873) et *G. Calmani* Balss, 1933 (2), nous donnons une nouvelle description de la première d'après les syntypes — au nombre de quatre — qui sont déposés au Muséum de Paris, et la complétons grâce à des exemplaires d'Australie (Queensland, Ile North West), déterminés par M. WARD (B.M. et M.P.). Nous décrivons également *G. Calmani* dont nous avons examiné le type de Mer Rouge, au British Museum, et trois spécimens récoltés par la « Calypso » (Mission CHERBONNIER, 1954) à l'île Aldabra.

Chacune de ces descriptions est précédée d'une liste aussi complète que possible de synonymes et de références, avec indication des localités de récolte.

Nous comparons enfin les trois espèces indo-pacifiques de *Globopilumnus* aux deux espèces ouest-africaines du même genre, *G. africanus* (A. Milne Edwards, 1867) et *G. stridulans* Monod, 1956, dont nous possédons un grand nombre d'exemplaires provenant de l'expédition de la « Calypso » dans le Golfe de Guinée (1956). Les affinités morphologiques qui existent entre ces diverses espèces sont indéniables : la morphologie externe est uniforme, la structure du pléopode 1 mâle est constante — les seules différences sont spécifiques — et constitue un caractère que l'on pourra sans doute qualifier de générique lorsque cet appendice aura été étudié pour chaque genre de *Menippinae*.

Cependant, à l'opposé du pléopode 1 mâle, le pléopode 2 présente trois types différents, spécifiques : chez deux espèces indo-pacifiques, *G. globosus* et *G. Calmani*, il est très développé et comparable à celui des espèces de *Menippe* ou d'*Epixanthus* chez qui il a été examiné. Chez deux autres espèces, l'une atlantique, *G. africanus*, l'autre pacifique, *G. actumnoides*, il est moins développé (un peu plus long seulement que le pl. 1) ; enfin, chez *G. stridulans*, de la côte ouest-africaine et des îles du Golfe de Guinée, il est, à l'inverse des *Menippinae* typiques, nettement plus court que le pl 1 (cf. fig. 14).

Sur ce point, le genre *Globopilumnus* n'offre donc qu'une homogénéité relative, l'une des espèces représentant une forme intermédiaire, de transition semble-t-il, entre les *Menippinae*, groupe auquel le genre appartient par l'ensemble de ses caractères, et les *Pilumninae*, et plus généralement les autres *Xanthidae*.

---

(2) En ce qui concerne *Pilumnus cristimanus* A. Milne Edwards, 1873, voir p. 115.

Enfin il est intéressant de noter les adaptations physiologiques qui rapprochent les deux espèces atlantiques de l'une des espèces indo-pacifiques : *G. Calmani*, la seule espèce indo-pacifique du genre qui s'avance, à l'ouest, sur la côte est-africaine (Mer Rouge, Golfe Persique, et île Aldabra), montre, sur le mérus des deux premières paires de pattes ambulatoires, le même type d'appareil stridulant que *G. africanus* et *G. stridulans*.

Nous remercions le Dr. C. H. Edmondson qui nous a fait part de ses suggestions sur *Pilumnus ovalis* A. Milne Edwards et qui nous a communiqué plusieurs spécimens des îles Samoa. Nos remerciements s'adressent également au Dr. I. Gordon, grâce à qui nous avons pu examiner les *Globopilumnus* du British Museum, et enfin à M. F. Gouin Conservateur du Musée de Strasbourg, qui nous a envoyé les exemplaires de *Pilumnus margaritatus* Ortmann, 1893.

Globopilumnus globosus (Dana, 1852). Fig. 1, 2, 5, 6.

Pilumnus globosus Dana, 1852 *a*, p. 81 ; 1852 *b*, p. 236, pl.13, fig. 10 : Tahiti, Archipel des Tuamotu (I. Waterland et Raraka). — Types : Smithsonian Institution et Philadelphia Academy of Natural Science, *fide* Boone, 1934, p. 153.

Miers, 1886, p. 155 : Japon (Kôbé). — De Man, 1890 p. 59, pl. 3, fig. 3 : localité inconnue. — Rathbun, 1907, p. 56 : Tahiti (Papeete).

Actumnus globosus Borradaile, 1903, p. 248 : Minikoi.

Globopilumnus globosus Balss, 1932, p. 511, fig. 1 ; 1933, p. 7, pl. 1, fig. 1, 2 (*?pro parte*) : Tahiti, Détroit de Formose, Hongkong, Amoy, Philippines (Cébu) (synonymie exacte, sauf pour *Actumnus elegans* de Man).

Sakai, 1939, p. 514, pl. 98, fig. 3 : Japon (Northern Daitozima).

Holthuis, 1953, p. 21 : Iles Marshall, Archipel des Tuamotu.

Synonymes : *Pilumnus ovalis* A. Milne Edwards, 1867, p. 280 : Iles Sandwich. — Holotype : M.P.

Pilumnus margaritatus Ortmann, 1893, p. 436 : Tahiti. — Syntypes : Musée de Strasbourg.

Nec : *Pilumnus globosus*, Nobili, 1907, p. 398.

Pilumnus globosus, Boone, 1934, p. 152, pl. 78.

Matériel examiné. — Iles Sandwich, Holotype de *Pilumnus ovalis* A. Milne Edwards, 1867 : 1 ♂ 9,5 × 8 mm. — M.P.

Tahiti, Syntypes de *Pilumnus margaritatus* Ortmann, 1893, Mus. Godeffroy 1888 : 1 ♂ 11,7 × 9,8 mm, 1 ♀15 × 12,3 mm. — Musée de Strasbourg.

Tahiti, Abbé Cullièret coll. 1890 : 1 ♂ 15,3 × 12,8 mm. — M.P.

Japon (Kobé), H.M.S. Challenger coll., st. 233 H., Miers det. *Pilumnus globosus* : 2 ♀. — B.M.

Remarques. — Il n'existe, dans la collection du Muséum, sous le nom de *Pilumnus globosus* Dana qu'un exemplaire déterminé par Nobili en 1907 (p. 398) de l'Ile Marutea. Or, non seulement ce spécimen n'est pas identique à l'espèce de Dana, mais n'est ni un *Pilumnus*, ni un *Globopilumnus* : il s'agit vraisemblablement d'un *Liocarpilodes*(3).

En revanche, après examen de l'holotype et seul spécimen connu de *Pilumnus ovalis* A. Milne Edwards, 1867 (p. 280), provenant des Iles Sandwich, nous avons conclu à l'identité de cette espèce à *Pilumnus globosus* Dana, 1852.

Description de l'holotype ♂ de *Pilumnus ovalis*.

Carapace mesurant 9,5 × 8mm — A. Milne Edwards donne 9 × 8mm — (rapport largeur /longueur égal à 1,19), de contour subcirculaire. Face dorsale non aréolée — un seul sillon, superficiel, glabre délimite la région gastrique —, couverte de poils bruns clairs, raides ; des granules sur la région branchiale excepté le long du bord antéro-latéral, lisse, et sur les régions cardiaque et intestinale ; une rangée de granules le lond du bord postérieur (fig. 1).

Front mesurant 1 /3 environ de la largeur de la carapace, formé de deux lobes fortement obliques, portant chacun une dizaine de tubercules et passant sans encoche au bord supra-orbitaire ; incision médiane en V évasé.

Bord supra-orbitaire avec peu de tubercules à l'extrémité externe.

Cinq tubercules spinuliformes émoussés (y compris l'exorbitaire) sur le bord antéro-latéral : le 2e, qui est rapproché du 3e, a une position légèrement subhépatique ; situé nettement en dessous de l'alignement des tubercules antéro-latéraux et placé un peu en avant du 2e, un sixième petit tubercule — sous-hépatique — discernable en vue dorsale.

Bord infra-orbitaire longé de tubercules qui deviennent plus nombreux au voisinage de la dent interne qui est assez forte. Parallèlement à ce bord, une rangée de 3-4 tubercules sous-hépatiques, de taille décroissante vers l'intérieur et dont le premier correspond au 2e tubercule antéro-latéral de position subhépatique.

Abdomen de 7 articles.

Chélipèdes inégaux et globuleux. Grand chélipède : face externe du carpe avec quelques granules seulement, mais, sur toute la longueur du bord supérieur, une rangée de 8 tubercules de taille croissante de l'arrière à l'avant (fig. 2). Main avec sa plus grande largeur égale à plus de la moitié de la largeur de la carapace ; propode recouvert de tubercules non sériés, nombreux dans la partie distale (fig. 2) ; une rangée de tubercules le long du bord interne ; face inférieure partiellement granuleuse.

---

(3) De plus, nous confirmons, après H. Balss (1933, p. 7), que le *Pilumnus margaritatus* Nobili, 1907, p. 398 (*nec* Ortmann, 1893), conservé au Muséum, est bien *Liocarpilodes integerrimus* (Dana).

Doigts très courts, épais, lisses excepté dans la région proximale qui est granuleuse.

Petit chélipède : carpe analogue à celui du grand chélipède. Propode couvert de tubercules plus spiniformes, mais moins nombreux et plus espacés que sur le grand chélipède. Doigts croisant à leur extrémité, tuberculés sur la moitié proximale ; doigt fixe large, armé de 5 dents.

Pattes ambulatoires courtes, larges, inermes excepté sur la face externe du carpe et au voisinage du bord supérieur du propode de p5 qui portent chacun trois tubercules (4).

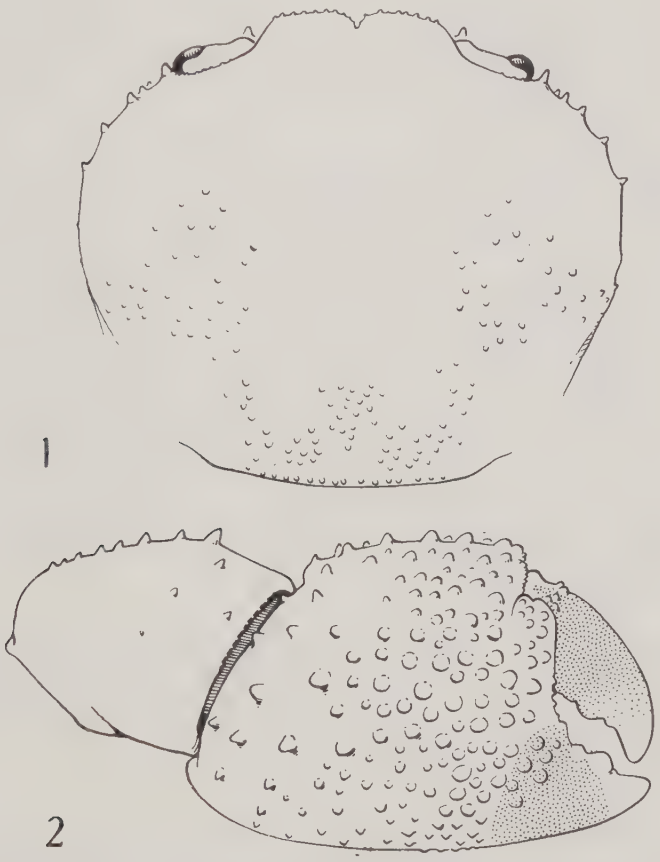


Fig. 1, 2. — *Pilumnus ovalis* A. Milne Edwards, 1867, Holotype ♂ 9,5 × 8mm Synon. de *Globopilumnus globosus* (Dana.) — 1. Carapace, × 8 (2 tubercules subhépatiques sont figurés). — 2. Chélipède droit, × 8.

(4) Ces tubercules n'existent pas — ou bien un seul est discernable sur le carpe — chez d'autres exemplaires, plus grands, de *G. globosus* que nous avons examinés.

Appendices thoraciques hirsutes.

Pl 1 ♂ (fig. 5a, 5b) mesurant près de 3 mm ; le pl 2 (fig. 6) environ 4 mm. *In situ,* le pl 1 atteint le niveau où le pl 2 se recourbe pour former une boucle, et la rangée interne de fortes épines, la plus longue, du pl 1, débute au niveau des soies pectinées, placées à la jonction pédoncule proximal-flagelle distal du pl 2.

Le *Pilumnus ovalis* de A. Milne Edwards est un *Menippinae* : le pl 2, très développé, consiste en un pédoncule surmonté d'un flagelle allongé, effilé et il y a, à la jonction, une zone garnie de soies (cf. Balss, 1932, pp. 510, 511 ; 1933, p. 6. — Stephensen, 1945, pp. 222, 223. — Tweedie, 1950, pp. 142, 143. — Monod, 1956, p.222). D'autre part, à l'inverse des *Pilumninae* où il est grêle et se termine par une extrémité effilée et recourbée, le pl 1 est ici plus trapu et obliquement tronqué à l'apex.

Pilumnus ovalis présente tous les caractères du genre *Globopilumnus* Balss, 1933 (p. 6) : la carapace est globuleuse, subcirculaire, sans démarcation entre les bords antéro et postéro-latéraux. Le front est bilobé et chacun des deux lobes se prolonge sans interruption jusqu'au bord orbitaire. Le bord antérieur du cadre buccal a une seule incision médiane. Les pléopodes mâles sont de type ménippien.

Pilumnus ovalis correspond à la description et au dessin de *Pilumnus globosus* Dana, 1852, que Balss choisit en 1932 comme type du genre *Globopilumnus*. Le rapport longueur /largeur des deux spécimens, ♂ et ♀, de Dana est 1 : 1,2 ; celui d'*ovalis* également. Dana signale « 3 dents ou 4 petites » sur le bord antéro-latéral : le dessin (1855, pl. 13, fig. 10) en montre 3 d'un côté, 4 de l'autre (non compris l'exorbitaire) ; suivant que l'on compte ou non le tubercule subhépatique situé en arrière de l'alignement des autres, *ovalis* offre de même 3 ou 4 tubercules antéro-latéraux (fig. 1).

Nous retrouvons ce nombre de 4-5 tubercules antéro-latéraux (y compris l'exorbitaire) chez les deux syntypes de *Pilumnus margaritatus* Ortmann, 1893. Par contre, chez un spécimen ♂ de 15,3 mm de large récolté, à Tahiti, il y a, sur le bord antéro-latéral, 6 tubercules perliformes, plus, en dessous du 2^{me}, un tubercule subhépatique discernable en vue dorsale.

Les chélipèdes de *globosus* Dana ont le bord supérieur du carpe et du propode garni de tubercules pointus, régulièrement espacés ; le carpe est recouvert sur la face externe de quelques granules seulement ; les tubercules de la face externe du propode ne sont pas sériés : *ovalis* également. Comme Dana l'observe pour *globosus*, *ovalis* a la grande pince très globuleuse : sa plus grande largeur est égale (et même supérieure) à la moitié de la largeur de la carapace ; le dactyle est très court. Enfin les pattes ambulatoires, figurées courtes et trapues chez *globosus*, le sont aussi chez *ovalis*.

En conclusion, nous pensons que *Pilumnus ovalis* A. Milne-Edwards est identifiable au *Pilumnus globosus* décrit et figuré par Dana.

Les auteurs qui, après Dana, ont eu entre les mains des exemplaires de *Globopilumnus globosus*, ont plus ou moins complété la description originale : les précisions ultérieures concernant *globosus* peuvent s'appliquer à *ovalis* et confirment la synonymie. Ainsi Miers (1886, p. 155) note que l'espèce est hirsute et que la face inférieure du propode porte des poils. De Man (1890, p. 59, pl. 3, fig. 3) signale, en arrière du bord infra-orbitaire, quelques granules et, sur la moitié proximale du propode du grand chélipède, des tubercules plus aigus et moins nombreux que sur la moitié distale. Les différences relevées par Rathbun (1907, p. 56) entre les spécimens topotypiques et la description de de Man (1890) portent sur des détails.

A la suite de Balss (1932, p. 511 ; 1933, p. 7), nous rattachons à *G. globosus*, l'*Actumnus globosus* (Dana) signalé par Borradaile (5) en 1903 (p. 248), ainsi que le *Pilumnus margaritatus* Ortmann, 1893 (p. 436) dont nous avons examiné les deux syntypes, et nous en séparons *P. globosus* Nobili, 1907.

Les pléopodes 1 et 2 mâles de *Globopilumnus globosus* ont été figurés par Balss en 1932 (fig. 1) : le pl 1 du type d'*ovalis* (fig. 5a,5b) porte, comme celui qui est figuré par Balss, plusieurs rangées ou groupes d'épines. Le pl 2 de *globosus* paraît, sur le dessin de Balss, avoir un flagelle un peu plus court que chez *ovalis* (fig. 6) et non enroulé en une boucle : ces différences relèvent certainement de la représentation schématique que donne cet auteur des appendices sexuels mâles.

Sakai (1939, p. 514, pl. 98, fig. 3) précise que le nombre de tubercules antéro-latéraux serait de trois chez l'adulte, de quatre chez les jeunes. La photographie qu'il donne de *globosus* correspond bien au type d'*ovalis*, en particulier en ce qui concerne la forme générale, la pilosité et le grand chélipède où sont apparents les tubercules du bord supérieur du carpe.

Le spécimen de Tahiti que Bonne rapporte en 1934 (pp. 152-154, pl. 78) à *Pilumnus globosus* n'appartient certainement pas à l'espèce de Dana, ainsi qu'en témoignent les fortes épines antéro-latérales, la forme de la carapace, les chélipèdes non globuleux, les pattes ambulatoires spinuleuses... etc. : il s'agit vraisemblablement d'un *Pilumnus*.

Un dernier point reste maintenant à éclaircir : l'identification à *Globopilumnus globosus*, par Balss en 1933 (suivi par Sakai en 1939) de l'*Actumnus elegans* décrit par De Man (1887-1888, p. 47) et retrouvé par Alcock en 1898 (p. 206). Cette identification est manifestement

(5) Nous n'avons pas vérifié cette détermination. S'il s'agit d'une autre espèce, *Globopilumnus globosus* n'est plus connu, de ce fait, que du Pacifique, Minikoi étant la seule station signalée pour l'Océan Indien.

erronée ; en effet, si certains caractères, tels que la face dorsale sans indication de régions et le front confluant avec le bord supra-orbitaire, sont communs aux deux espèces, des différences importantes les séparent : l'arrangement, sur le bord antéro-latéral, de tubercules groupés en trois paires selon DE MAN, et, selon ALCOCK, l'existence de trois paires de tubercules antéro-latéraux, également, plus un tubercule impair entre l'angle exorbitaire et la première paire.

C'est CHOPRA et DAS (1937, pp. 408-410) qui restituent sa validité à *Actumnus elegans* et le réintègrent dans le genre *Actumnus* : les deux auteurs ont vu l'un des syntypes ainsi que d'autres spécimens de cette espèce dont certains sont topotypiques. Leurs conclusions sont les suivantes :

1) *Actumnus elegans* est sans doute une espèce de petite taille : ce que BALSS considère comme des caractères juvéniles persiste chez l'adulte.

2) Il y a, échelonnés sur toute la longueur du bord antéro-latéral, huit granules spinuliformes : six sont arrangés en trois paires, le 7e est situé entre la première paire et le tubercule exorbitaire qui constitue le huitième (*loc. cit.*, fig. 12).

3) Enfin, le cotype ♂ d'*Actumnus elegans* observé par CHOPRA et DAS possède des pléopodes non de *Menippinae* mais du type *Pilumninae* (*loc. cit.*, fig. 13) : le pl 1 est relativement grêle, à extremité effilée et recourbée ; le pl 2 est considérablement plus petit et la pièce apicale, falciforme, est nettement plus courte que le pédoncule. Ces appendices sont assez voisins de ceux d'*Actumnus selifer* (de Haan) (*loc. cit.*, p. 409, note) et de ceux que STEPHENSEN (1945, fig. 35 C-D) figure pour *Actumnus asper* (Rüppel).

L'examen, au British Museum, de trois syntypes (2 ♂ de 4,5 × 3,5 mm et 5 × 3,8 mm, et 1 ♀) d'*Actumnus elegans* confirme les assertions de CHOPRA et DAS : si la morphologie externe rappelle le genre *Globopilumnus* — le nombre des dents antéro-latérales ferait plus penser à *G. actumnoides* qu'à *G. globosus* — les pléopodes 1 et 2 ♂ sont typiquement ceux d'un *Pilumninae*.

Globopilumnus actumnoides (A. Milne Edwards, 1873). Fig. 3,4,7,8

Pilumnus actumnoides A. MILNE EDWARDS, 1873 p. 247, pl. 10, fig. 3 : Nouvelle-Calédonie — SYNTYPES : M.P.

WARD, 1932, p. 253 : Iles du Capricorne (I. North West)

Globopilumnus actumnoides BALSS, 1933, p. 8, pl. 1, fig. 5, pl. 7, fig. 34 : Nouvelle-Guinée ; 1938, p. 66 : Iles Gilbert (Aranuka, Apanama, Tamana). — SAKAI, 1939, p. 515, fig. 46 : Japon (Northern Daitozima).

Matériel examiné. — Nouvelle-Calédonie, Syntypes de *Pilumnus actumnoides* A. Milne Edwards, 1873 : 3 ♂, 1 ♀. — M.P.

Australie, Capricorn Group (I. North West, « outer edge of Reef », mai 1930, Ward det. *Pilumnus actumnoides* (*cf.* 1932, p. 253) : 1 ♂ 15 × 12 mm, 2 ♀ 17 × 13,5 mm et 16 × 12, 5 mm. — M.P.-2 ♂, 4 ♀ — B.M.

1. Samoa, W. Harris coll. 1937, C. M. Edmondson leg. : 1 ♂ 13 × 10 mm, 1 ♂ 13,5 × 11 mm.

Remarques. — Il y a dans la Collection du Muséum de Paris quatre spécimens de Nouvelle-Calédonie déterminés *Pilumnus actumnoides* A. Milne Edwards, tous quatre étiquetés « Types », soit trois mâles et une femelle :

♂ 10,7 × 8,3 mm ; 8 × 6 mm ; 7,3 × 8 mm.
♀ 6,7 × 5,3 mm.

Nous choisissons le plus grand spécimen ♂ de 10,7 × 8,3 mm (A. Milne Edwards (1873, p. 247) donne comme mesure de l'un des spécimens, probablement le plus grand, 10 × 8 mm) comme Lectotype : nous en figurons la carapace, le grand chélipède et les pl 1 et 2.

Description de *Globopilumnus actumnoides*, d'après les syntypes.

Carapace convexe ; rapport largeur/longueur variant entre 1,25 et 1,35 ; les sillons gastriques et frontal médian marqués. Sur la région branchiale antérieure, une douzaine de tubercules environ, assez saillants, irrégulièrement distribués, et dont quelques-uns sont spiniformes (fig. 4)

Bord latéral sans angle ou encoche à la jonction des parties antérieure et postérieure. Sur le bord antéro-latéral, six tubercules spinuliformes (y compris celui qui est placé à l'angle exorbitaire) : les trois premiers petits, subégaux chez trois des quatre syntypes (le 3eme est réduit chez la ♀ : fig. 4a), équidistants (les 2 et 3 sont rapprochés chez le lectotype : fig. 4). Les trois tubercules suivants, 4-5-6, sont plus longs, spiniformes, subégaux (le premier est le plus petit), régulièrement espacés ; il y a, en plus, chez trois des syntypes, entre le 4eme et 5eme tubercule, une petite épine à peu près de même taille que les tubercules 1-2-3 (fig. 4, 4b) ; cette dernière est obsolète chez la ♀ (fig. 4a).

Front bilobé ; encoche médiane profonde ; lobes obliques et armés de 5 à 9 tubercules, surtout nets dans le tiers externe (chez le syntype ♀, ces tubercules sont à peine visibles).

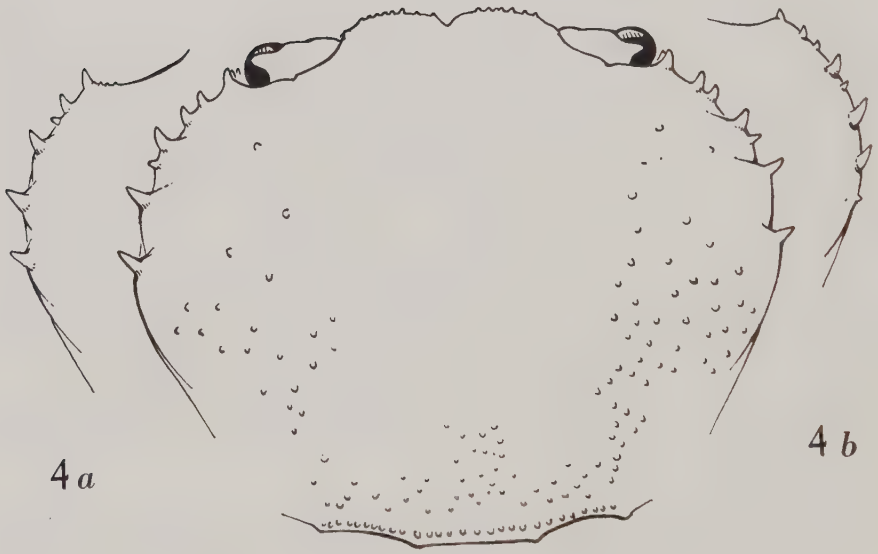
Bord infra-orbitaire tuberculé

Région sous-hépatique portant jusqu'au niveau de l'avant-dernier spinule antéro-latéral, plusieurs tubercules saillants dont près d'une dizaine alignés en une rangée située en arrière du deuxième spinule antéro-latéral, et parallèle au bord infra-orbitraire. De gros granules le long du sillon ptérygostomien.

Chélipèdes inégaux. Grand chélipède (fig. 3): carpe armé sur le bord supérieur de 10-11 tubercules aigus, subégaux ; sur la face externe, 10 à 15 tubercules spiniformes. Main globuleuse : sa plus gande largeur égale à plus de la moitié de la longueur de la carapace ; propode uniformément couvert de tuber-

cules coniques saillants, sériés, à peine moins nombreux et plus proéminents dans la moitié proximale. Bord proximal antérieur, armé d'une dizaine de tubercules. Face inférieure avec quelques granules. Doigts très courts : doigt fixe granuleux sur plus de la moitié proximale et armé sur le bord préhensile d'une forte dent proximale ; doigt mobile granuleux dans le tiers proximal.

3



4 *a* 4 *b*

4

Fig. 3, 4. — *Globopilumnus actumnoides* (A. Milne Edwards), Lectotype de *Pilumnus actumnoides* A. Milne Edwards, 1873, ♂ 10,7 × 8,3 mm. — 3. Chélipède droit, × 8. — 4. Carapace, × 8. — 4 *a*. Bord antéro-latéral de la carapace, Syntype ♀ 6,7 × 5,3 mm, × 16. — 4*b*. *Ibid.*, Syntype ♂ 6,7 × 5,3 mm, × 10 (les tubercules subhépatiques ne sont pas figurés.)

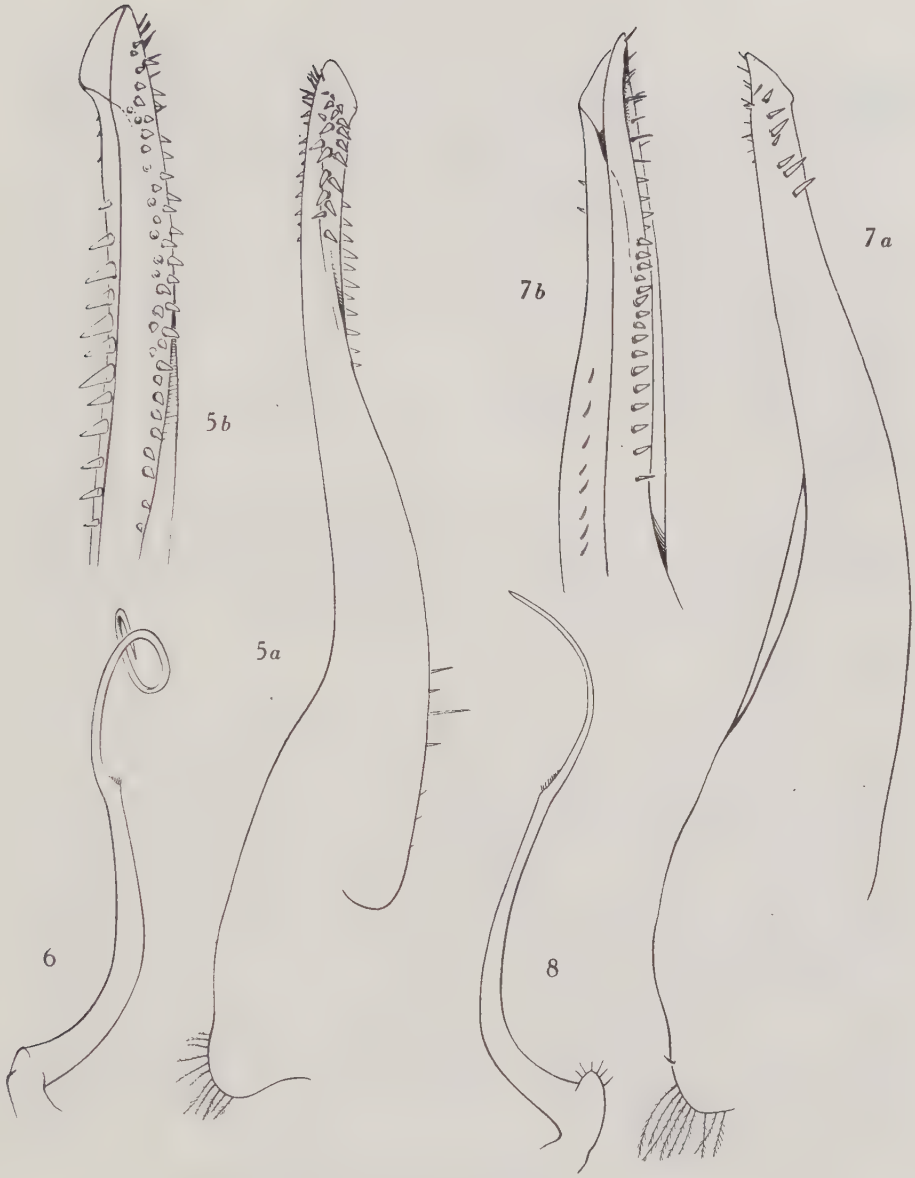


Fig. 5, 6. — *Pilumnus ovalis* A. Milne Edwards, Holotype ♂ 9,5 × 8 mm.
Fig. 7, 8. — *Globopilumnus actumnoides* (A. Milne Edwards), Lectotype ♂ 10,7 × 8,3 mm.

5*a*, 7*a*, : pl 1, face sternale, × 45. — 5*b*, 7*b* : extrémité grossie, face abdominale, 5*b*, × 80 ; 7*b*, × 60. — 6, 8 : pl 2, *in situ*, × 24.

Petit chélipède non globuleux : sur le bord supérieur du carpe, une rangée de sept tubercules spiniformes. Carpe et propode garnis sur la face externe d'épines fortes mais espacées ; doigts spinuleux sauf au voisinage de l'ongle.

Pattes ambulatoires assez courtes ; une petite épine distale — elle peut être obsolète — sur le bord supérieur du propode de p2, p3, p4. Sur p5, face externe du carpe armé de deux épines distales ; sur le bord supérieur du propode, trois épines équidistantes.

Pl 1 ♂ (fig. 7a, 7b) avec deux rangées d'épines seulement : une rangée externe d'épines petites, plus longues à l'apex et s'étendant sur plus du tiers distal de l'appendice. Une rangée sternale-interne de 5-6 épines, plus fortes à l'extrémité distale.

Pl 2 ♂ (fig. 8) grêle, un peu plus long seulement que le pl 1 ; flagelle plus court que le pédoncule et seulement incurvé, non enroulé en une boucle.

Pilosité abondante et longue sur la face dorsale et les appendices thoraciques.

Nous avons examiné, en plus des quatre syntypes d'A. Milne Edwards, d'autres spécimens de *G. actumnoides* : il s'agit de trois spécimens de *Pilumnus actumnoides*, signalés par M. Ward en 1932 (p. 253), donnés par ce dernier au Bristish Museum et au Muséum de Paris, et ayant pour provenance l'Ile North West, île du « Capricorn Group ».

La comparaison de tous ces spécimens aux syntypes confirme leur identification ; certains étant nettement plus grands et en meilleur état que les syntypes, nous pouvons compléter la description basée sur ces derniers, notamment en ce qui concerne la pilosité : sur la face dorsale, des poils nombreux, courts, devenant plus longs sur les bords. A. Milne Edwards n'a ni précisé ni figuré la pilosité de *G. actumnoides*. Balss (1933, p. 8) écrit : « Behaart ist der Carapax kaum » ; or, en nous reportant à la figure qu'il donne pl. 7, fig. 34, nous discernons facilement sur la carapace, en effet glabre, les fossettes d'insertion de nombreux poils. Les syntypes, examinés à sec, sont presque glabres mais nous distinguons à l'œil nu les racines de ces poils ou les ponctuations d'insertion. La prétendue absence de pilosité d'*actumnoides* a amené Sakai (1939, p. 515, fig. 46) à douter de l'identification à cette espèce d'un exemplaire du Japon « rather thickly covered with tomentum instead of being naked » (6). *G. actumnoides* est donc une espèce hirsute, à poils nombreux, relativement courts sur la carapace, mais longs sur les appendices thoraciques.

G. actumnoides présente un nombre d'épines antéro-latérales en réalité peu variable. Après examen de douze spécimens, il apparait

(6) Une différence, réelle, sépare cependant le spécimen japonais de Sakai de *G. actumnoides* : Sakai écrit en effet : « the wrist of cheliped is also not furnished with thick row of tubercles as figures in the original paper. »

que le nombre fondamental est de 6 (y compris l'exorbitaire) : les tubercules 1-3 sont petits, généralement subégaux, soit équidistants, soit les 2-3 rapprochés ; les épines 4-6 sont les plus longues, plus aiguës. De plus, il y a généralement, entre les épines 4-5, une épine supplémentaire qui forme paire avec la 4e. (fig. 4b) D'autre part, on peut discerner en vue dorsale un ou deux granules sous-hépatiques au niveau des tubercules 2-3, et il y a parfois sur le bord antéro-latéral, derrière la 6eme épine — la dernière — un petit tubercule analogue à ceux de la face dorsale (région branchiale, fig. 4b) : ceci explique le nombre élevé de tubercules antéro-latéraux indiqué par certains auteurs, par exemple Sakai (*loc. cit.*, p. 515) qui compte « about 10 tubercules ». (cf. fig. 4b)

L'un des caractères utilisés par Sakai (*loc. cit.*, p. 514) dans la clef de détermination des deux espèces *G. globosus* et *G. actumnoides* est, chez ce dernier, la sériation des tubercules sur le face externe du propode du grand chélipède : si les tubercules de la main sont en effet plus régulièrement distribués que chez *G. globosus*, les rangées ne sont cependant pas continues sur toute la longueur de l'article.

Caractères distinctifs de *G. globosus* et de *G. actumnoides*.

1) *Globopilumnus globosus* (Dana)

Carapace très globuleuse, longue ; les bords latéro-postérieurs subparallèles ; des granules sur la moitié postérieure de la face dorsale. Bord antéro-latéral avec des tubercules sur la moitié de sa longueur seulement : 4-5 petits tubercules subégaux.

Petit chélipède globuleux, court ; doigts trapus et portant un petit nombre de spinules proximaux ; face externe du carpe et du propode avec des tubercules coniques. Doigts du grand chélipède lisses.

Pattes ambulatoires pratiquement inermes.

Pl 1 ♂ avec trois séries de spinules. Pl 2 nettement plus long que le pl 1 ; flagelle plus développé que le pédoncule proximal et formant une boucle.

2) *Globopilumnus actumnoides* (A. Milne Edwards)

Carapace globuleuse, large ; bords latéro-postérieurs convergeants ; des tubercules saillants sur la région branchiale antérieure. Bord antéro-latéral avec sur toute sa longueur des épines au nombre de 6-7, dont les postérieures (4-6) sont les plus longues.

Petit chélipède relativement grêle ; doigts longs et effilés, spinuleux, sauf au voisinage de l'ongle ; carpe et propode avec de fortes

épines sur la face externe. Doigts du grand chélipède partiellement tuberculés.

Une épine distale sur le bord supérieur du propode de p 2 à p 4 ; p 5 avec quelques spinules.

Pl 1 ♂ avec deux rangées de spinules. Pl 2 à peine plus long que pl 1 ; flagelle à peu près de même longueur que le pédoncule proximal et seulement recourbé.

Répartition géographique.

La répartition géographique connue de *G. actumnoides* est la suivante : Nouvelle-Guinée, Nouvelle-Calédonie, Iles du Capricorne, Iles Gilbert, Japon (?). Cette espèce semble localisée au Pacifique occidental et somme toute assez rare. C'est une espèce récifale : « Ce Pilumne se tient au milieu des coraux, découvrant à marée basse » (A. Milne Edwards, 1873, p. 247). « It is very common in circumscribed areas on the New Caledonian zone, where it is found under the living corals » (Ward, 1932, p. 253).

L'aire de distribution de *G. globosus* est plus vaste ; on a signalé cette espèce dans l'Océan Indien : Minikoi (7), et dans le Pacifique surtout : Philippines, Hongkong, Détroit de Formose, Japon, Tahiti, Archipel des Tuamotu, Iles Marschall, I. Sandwich *(Pilumnus ovalis)* Ile Howland, Dr. Edmondson, *in litt.*, 1959). C'est une espèce certainement très fréquente à Tahiti.

Globopilumnus Calmani Balss, 1933. Fig.9, 10, 11, 12, 13.

Globopilumnus Calmani Balss, 1933, p. 9, pl. 1, fig. 6,7 : Mer Rouge, Macclesfieldbank. — type : B.M.

Matériel examiné. — Mer Rouge, Playfair coll., Holotype ♂ (n° 74-89). — B.M.

Ile Aldabra, entre la grande passe et Johny Channel, 42 m. G. Cherbonnier coll. : 2 ♂ 17,3 × 13,5 mm, 12 × 9,8 mm ; 1 ♀ 18,5 × 14,2 mm.

Ile Aldabra, dans un bloc pourri, 14 mai 1954 : 1 ♀ 8 × 7 mm, 2 juv. — M.P.

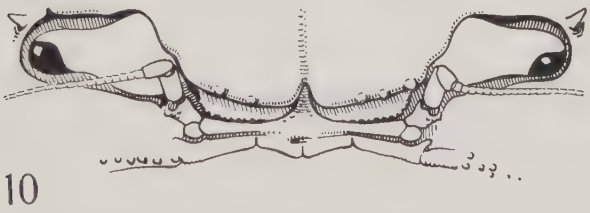
Golfe Persique, dragage fond rocheux, Mission Calypso, 18 avril 1954 1 ♂ 6,8 × 6 mm. — M.P.

Remarques. — Les six spécimens récoltés à l'Ile Aldabra appartiennent sans doute possible à *G. Calmani*, de même celui récolté dans le Golfe Persique.

(7) Voir note (5) ci-dessus.

Nous reprenons la description de Balss en insistant sur certains caractères non précisés par ce dernier.

9



10

Fig. 9, 10. — *Globopilumnus Calmani* Balss, 1933, ♀ 18,5 × 14,2 mm, Ile Aldabra. 9. Carapace, × 3,7. — 10. Région fronto-orbitaire, × 7,4.

Description.

Carapace extrêmement globuleuse et aussi longue que large (sans les épines antéro-latérales). Sillons gastriques de la face dorsale très peu marqués ; quelques granules seulement sur la région postérieure (fig. 9).

Front proéminent, avec quelques petits tubercules sur le bord.

Cinq fortes épines antéro-latérales, de taille décroissante de la 1re (exorbitaire) à la dernière (fig. 9).

Bords supra et infra-orbitaires lisses ; une épine infra-orbitaire interne parfois émoussée. Sillon ptérygostomien formant un rebord longé par de gros granules.

Bord interne du mérus du maxillipède externe avec trois épines ; en arrière de la 3e, qui est la plus petite, un spinule.

Chélipèdes inégaux. Grand chélipède armé de tubercules spiniformes presque aussi aigus et aussi longs que ceux du petit chélipède, excepté à l'extrémité distale du propode et à la base des doigts où ils sont seulement coniques ou arrondis. Petit chélipède non globuleux, à doigts longs.

L'ornementation des pattes ambulatoires est la suivante :

	p2	p3	p4	p5
ISCHION ..	2 petits tubercules (bord distal de la face inférieure)	3-4 spinules (bord distal de la face inférieure)	4-5 épines longues + quelques spinules (bord distal de la face inférieure et sur les faces inférieure et externe).	6-8 fortes épines et quelques spinules comme sur p4 ; bord distal de la face externe tuberculé.
MÉRUS: bord supérieur .	1 épine distale	1 épine distale	1-2 granules proximaux + 1 épine distale	2-3 tubercules proximaux + 1 épine distale
bord inférieur :				
1. *de la face interne*	4 tubercules	3-4 tubercules	1 forte épine proximale + 2-3 spinules	1 très forte épine proximale + 3 spinules
2. *de la face externe* ..	3 spinules	5 spinules assez forts	3-5 fortes épines	4-6 épines très fortes
CARPE	inerme	inerme	inerme	inerme
PROPODE (bord supérieur)	inerme	inerme	2 épines proximales	3 épines dont 1 distale

Une plage de granulations carénées stridulantes sur le tiers distal de la face interne du mérus de p2 et p3 (fig 11*a*, 11*b*).

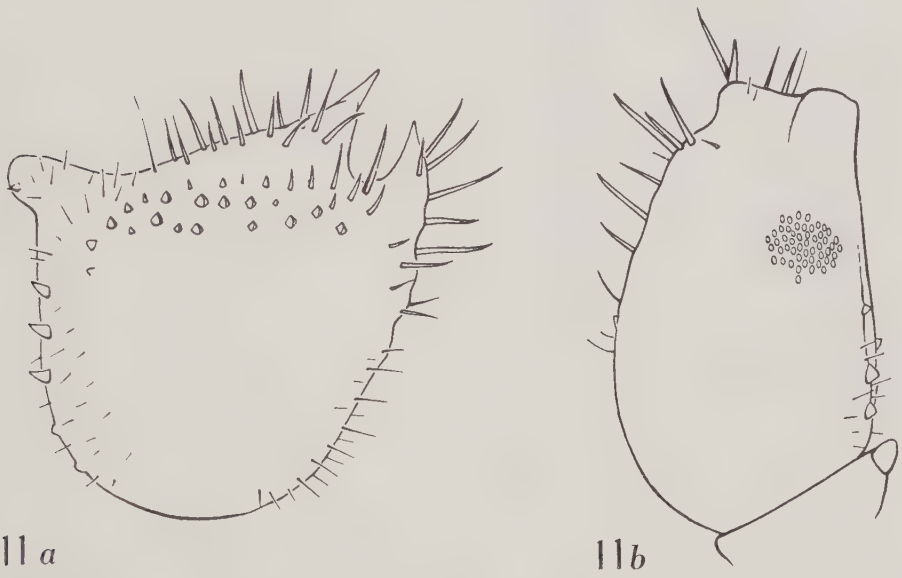
Pl ♂ (fig 12*a*, 12*b*) avec sur les deux tiers distaux du bord externe, des épines alignées en deux rangées sauf à la base et à l'apex, où il n'y a qu'une seule rangée. Sur le bord interne, une rangée plus courte de longues épines. Sur la face interne-abdominale du lobe apical, quelques épines.

Pl 2 (fig. 13), bien plus long que le pl 1, son flagelle une fois et demie plus court que le pédoncule proximal, et enroulé en une boucle.

Pilosité : poils brun-jaune, assez longs, épais, raides sur la face dorsale et les appendices thoraciques ; face inférieure et sternum pubescents.

G. Calmani est, de tous les *Globopilumnus* (y compris les espèces ouest-africaines), celui qui a la carapace la plus globuleuse et la plus bombée dorsalement. Il est, comme *G. globosus*, aussi long que large (les épines antéro-latérales non comprises), mais les cinq épines antéro-latérales très aiguës et très longues, ne rappellent en rien les 4-5 granules marginaux de *globosus*, ou les 6 tubercules plus ou moins spiniformes d'*actumnoides*.

Les deux chélipèdes sont épineux, et il n'y a pas comme chez *globosus* et *actumnoides* une rangée régulière de tubercules sur le bord supérieur du carpe.



11 *a* 11 *b*

Fig. 11. — Appareil stridulant de *Globopilumnus Calmani* Balss, ♀ 18,5 × 14,2 mm, Ile Aldabra. — 11*a*. Petit chélipède, face externe du mérus, × 8. — 11*b*. P 2, face interne du mérus, × 8.

Les pattes ambulatoires inermes chez *G. globosus* — le carpe et le propode de p5 offrent parfois quelques tubercules — armées chez *G. actumnoides* d'une épine distale sur le bord supérieur du propode de p 2 à p 5 et de quelques spinules supplémentaires sur le carpe et le propode de p 5, portent chez *G. Calmani* des épines dont le nombre et la taille croissent de p2 à p5 (tableau).

Les pl 1 et pl 2 des deux mâles de l'île Aldabra correspondent au schéma qu'en a donné Balss en 1933 (fig. 1), notamment en ce qui concerne les épines situées sur la face interne du lobe apical du pl 1 et les proportions du pl 2. Ils diffèrent de ceux de *G. globosus* et de *G. actumnoides* : le pl 1 (fig. 12*a*, 12*b*) présente sur le bord externe des

épines en 1-2 rangées sur les deux tiers de la longueur de l'appendice. Les épines, que l'on voit par transparence à l'intérieur de la gouttière, remontent jusqu'à l'apex et apparaissent sur la surface exposée du lobe terminal : cette partie du lobe est inerme chez les deux précé-

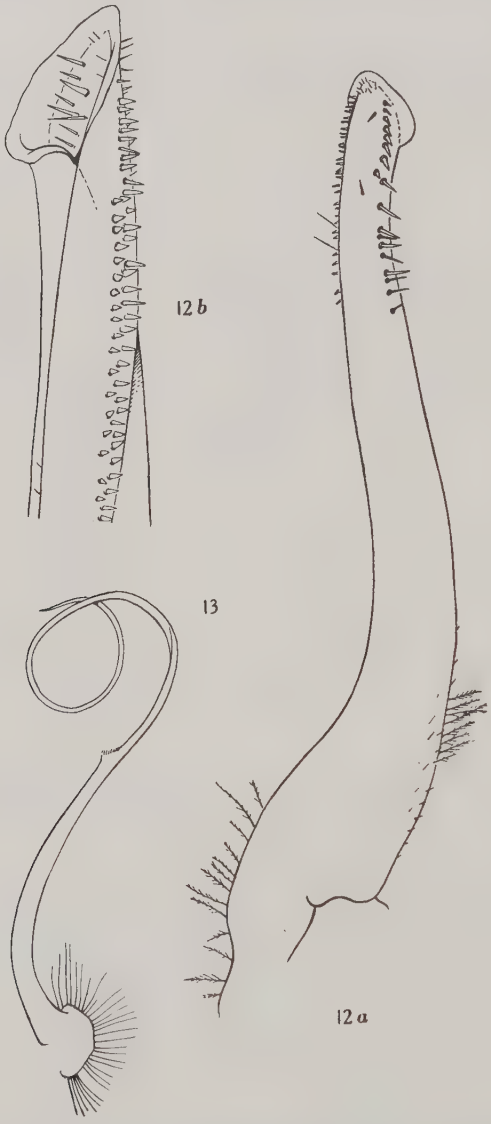


Fig. 12, 13. — *Globopilumnus Calmani* Balss, ♂ 17,3 × 13,5 mm, Ile Aldabra. — 12*a*. Pl 1, face sternale, × 25. — 12*b*. Extrémité grossie, face abdominale, × 45. — 13. Pl 2, *in situ*, × 11.

dentes espèces, mais on retrouve cette particularité chez les espèces ouest-africaines, surtout chez *G. africanus* (A. Milne Edwards, 1867).

Le pl 2 (fig. 13) est composé d'un pédoncule surmonté d'un segment terminal extrêmement développé et enroulé : il est très différent de celui de *G. actumnoides* (fig. 8) dont le flagelle est relativement court et non enroulé; celui de *G. globosus* (fig. 6), plus voisin, a un flagelle un peu plus long seulement que le segment proximal.

Enfin, une particularité de *G. Calmani* le distingue des deux espèces indo-pacifiques, *globosus* et *actumnoides*, et au contraire le rapproche des *Globopilumnus* ouest-africains : il y a chez *Calmani* (♂ et ♀), une plage de granulations carénées stridulantes sur la face interne du mérus de p 2 et p 3 ; sur la face externe du mérus de p 1 (petit et grand chélipèdes), la plage stridulante correspondante est composée d'une bande transversale de granulations carénées (fig. 11*a*, 11*b*). Chez *G. stridulans* Monod, 1956 (pp. 230-235), la face interne du mérus de p 2, p 3, p 4, porte une plage stridulante et la face externe du mérus des chélipèdes montre une bande de granulations carénées. Chez *G. africanus* (A. Milne Edwards, 1867), p2 seul présente une plage stridulante, et l'appareil stridulant du mérus (face externe) des chélipèdes est formé d'un rang unique de granulations carénées (cf. Monod, 1956, p. 235, fig. 253).

G. Calmani est la seule espèce de *Globopilumnus* qui ait été signalée de l'Océan Indien occidental : Balss l'a signalée de Mer Rouge (localité-type) et de la Mer de Chine (Macclesfieldbank) ; nous la citons ici de l'Ile Aldabra et du Golfe Persique.

Remarques sur *Pilumnus cristimanus* A. Milne Edwards, 1873.

Balss rapporte en 1933 (p. 6) quatre espèces au genre *Globopilumnus* : *globosus*, *actumnoides Calmani* et enfin — avec quelque incertitude — *Pilumnus cristimanus* A. Milne Edwards, 1873 (p. 251, pl. 9, fig. 5, 5*a*), dont il donne une brève diagnose (*loc.cit.*, pp. 8, 9).

Pilumnus cristimanus n'est connu que par un petit nombre d'exemplaires : les deux syntypes ♀ de Nouvelle-Calédonie et d'Upolu (M.P.) que nous avons examinés, deux spécimens, 1 ♂ ,1 ♀, signalés par Ortmann (1893, p. 437) des Iles Samoa, et les deux spécimens ♀ vus par Balss et provenant d'Upolu et de l'Ile Palau. Le seul exemplaire ♂ aurait donc du être retrouvé au Musée de Strasbourg (collection d'Ortmann) mais il semble perdu. Or l'examen des pléopodes 1 et 2 ♂ de cette espèce apparait indispensable car il n'est pas évident, d'après les autres caractères, qu'il s'agisse d'un *Globopilumnus* : la carapace n'est pas particulièrement bombée, son contour ne rappelle pas les autres espèces du genre ; les deux chélipèdes (A. Milne Edwards, *loc. cit.*, pl. 9, fig. 5*a*), voisins de ceux de *Pilumnus tahitensis* de Man

1890, ne ressemblent guère à ceux des *Globopilumnus*. Aussi laissons-nous *Pilumnus cristimanus* parmi les *Pilumninae*.

Remarques sur le genre *Globopilumnus* Balss.

Le genre *Globopilumnus* compte des représentants, d'une part, sur la côte occidentale d'Afrique (cf. Monod, 1956, pp. 227-235), et d'autre part dans l'Indo-Pacifique. Les deux espèces africaines, continentales et insulaires (Ile du Prince, San Thomé, Annobon), sont *G. africanus* (A. Milne Edwards, 1867) et G. *stridulans* Monod, 1956. Avec les trois espèces indo-pacifiques, le genre *Globopilumnus* groupe donc avec certitude cinq espèces, dont trois — *africanus*, *globosus*, *actumnoides* — primitivement décrites dans le genre *Pilumnus*.

Il ne semble exister aucune dissemblance entre la morphologie des espèces africaines et celle des espèces indo-pacifiques : carapace, propode des chélipèdes globuleux, front saillant et sans encoche orbitaire, mérus des mxp3 avec quelques dents sur le bord interne, etc... Ce sont toutes des formes hirsutes. Ces affinités morphologiques se complètent d'affinités physiologiques : en effet, *G. Calmani* (Mer Rouge, Ile Aldabra, Golfe Persique, Mer de Chine) présente sur le mérus des p 2-p 3, un appareil stridulant analogue à celui qui caractérise les deux espèces atlantiques (sur le mérus de p 2 seulement chez *G. africanus*, sur le mérus des p 2, p 3, p 4 chez *G. stridulans*).

Ainsi que Balss (1932 et 1933) l'a souligné, la morphologie du pl 2 ♂ distingue les *Menippinae* des *Pilumninae* et, de façon plus générale, des autres *Xanthidae*. Stephensen (1945, pp. 222, 223) remarque que la forme du pl 1 ♂ « in the *Menippinae*... rather heavy and obliquely cut off, while in the *Pilumninae*... more slender and apically tapering, with the apical end curved and with many spines », sépare également les deux groupes.

Tweedie (1950, pp. 142-143) considère la présence de pl 2 de type ménippien comme un caractère primaire, auquel doit être accordé plus d'importance qu'aux caractères relatifs au développement des crêtes du palais (*Hyperomerista*). Le type ménippien n'étant pas, chez quelques espèces, corrélatif de la morphologie des crêtes du palais, et compte tenu de l'absence d'intermédiaires entre ce type et le type xanthidien banal, Tweedie propose d'inclure dans les *Menippinae* des *Hyperolissa* à pl 2 de type ménippien (*Daira*, *Carpilius*) et au contraire d'en exclure les *Hyperomerista* à pl 2 xanthidien (*Pseudozius*).

Plus récemment, Monod (1956, p. 222) a fait observer que les *Globopilumnus* ouest-africains ont un pl 2 ♂ « plus ou moins intermédiaire, à segment distal encore relativement effilé et allongé mais beaucoup moins développé que chez *Menippe* ou *Ozius* ».

Nous avons étudié les pléopodes mâles, et plus particulièrement le pl 2, des cinq espèces de *Globopilumnus* : nous les avons figurés, soit montés, soit *in situ*. En outre, pour chaque espèce, sont représentés, sur le graphique de la figure 14, les longueurs relatives du premier pléopode et du pédoncule et du flagelle du second : pour que la comparaison entre les diverses espèces soit possible, nous avons évidemment choisi des grossissements proportionnels aux largeurs de carapace. Nous avons également figuré, pour servir de point de comparaison, les pl 1 et 2 d'un *Pilumninae*, *Pilumnus hirtellus* (Linné).

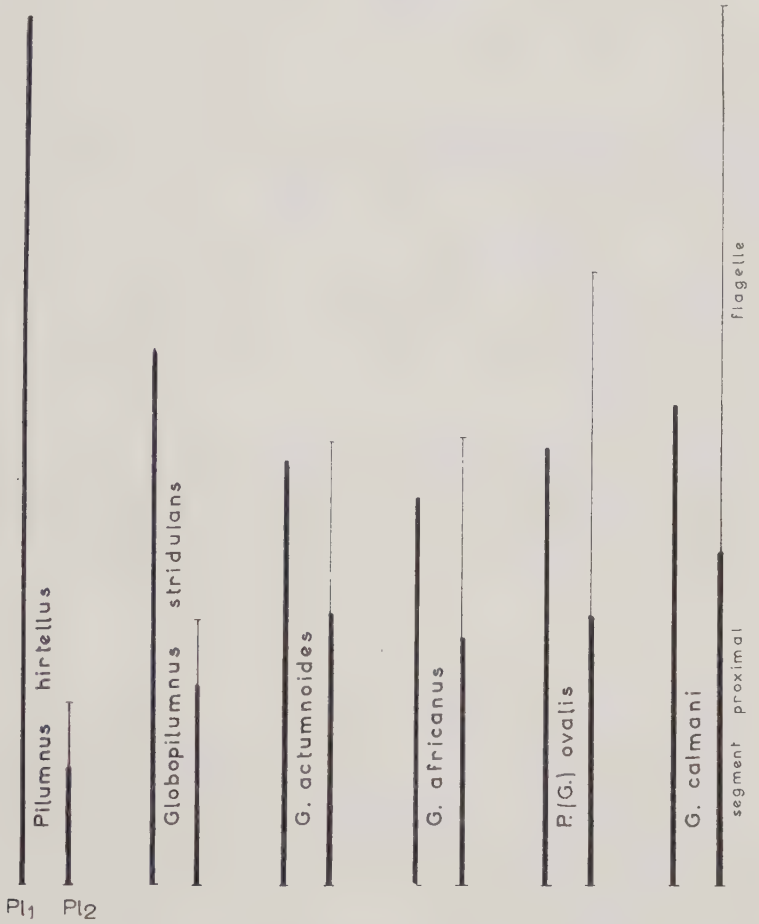


Fig. 14. — Représentation graphique des pl 1 et pl 2 (segment proximal et flagelle) chez *pilumnus hirtellus* (Linné) et les *Globopilumnus : Pilumnus hirtellus*, × 22. — *Globopilumnus stridulans*, × 27. — *G. actumnoides*, Lectotype, + 35. — *G. africanus*, × 29. — *Pilumnus ovalis*, Holotype (= *G. globosus*) × 40. — *Globopilumnus Calmani*, × 22.

Les deux espèces indo-pacifiques, *G. globosus* (*ovalis* : fig. 6) et *G. Calmani* (fig. 13), ont un pl 2 ménippien typique c'est-à dire beaucoup plus long que le pl 1, à flagelle très développé (surtout chez *Calmani*) et enroulé.

Chez *G. africanus*, le pl 2 est un peu plus long que le pl 1 et le flagelle ne forme pas de boucle (Monod, *loc. cit.*, fig. 257) : il est donc très proche de celui de l'espèce pacifique, *G. actumnoides* (fig. 8).

Chez *G. stridulans* (Monod, *loc. cit.*, fig. 264, 266), le pl 2, relativement très court, offre un segment distal extrêmement peu développé, trois fois plus court que le segment proximal : chez cette espèce, le pl 2 est, à l'inverse des autres *Globopilumnus*, beaucoup plus court que le pl 1; le raccourcissement semble avoir surtout porté sur le flagelle.

On peut donc distinguer, dans le genre *Globopilumnus*, trois types de pléopodes : le type ménippien classique, à pl 2 plus long que le pl 1 et à flagelle développé, généralement enroulé ; un type moins caractéristique à pl 1 et pl 2 presque d'égale longueur et à pl 2, de ce fait seulement incurvé, et enfin un type de transition. Remarquons que c'est chez l'espèce qui présente cette troisième disposition, c'est à dire un pl 2 plus court que le pl 1 (*G. stridulans*), que l'on trouve le plus long pl 1 : c'est le cas des *Pilumnus* (cf. *P. hirtellus*, graphique, fig. 14) dont le pl 2 est extrêmement réduit et dont le pl 1 est, au contraire, considérablement allongé.

Par conséquent, alors que, par l'ensemble de leur morphologie et notamment par leurs pl 1 ♂, les *Globopilumnus* présentent une réelle homogénéité, la structure des pl 2 se révèle très variable d'une espèce à l'autre, à tel point que, pris isolément, ce caractère ferait apparaître le genre comme intermédiaire entre les deux grands groupes de *Xanthidae Hyperomerista*, les *Menippinae* et les *Pilumninae*.

BIBLIOGRAPHIE

Alcock (A.), 1898. — Materials for a Carcinological Fauna of India. N° 3, The Brachyura Cyclometopa. Part I, The Family Xanthidæ. — *J. Asiat. Soc. Bengal, Calcutta*, vol. 67, Part 2, n° 1, pp. 67-233.

Balss (H.), 1932. — Uber einige interessante Xanthidae (Crustacea Decapoda Brachyura) der Harmsschen Reisen nach dem Sundaarchipel. — *Zeitschr. Wiss. Zool.*, vol. 142, fasc. 4, pp. 510-519, fig. 1-4.

— 1933. — Beiträge zur Kenntnis der Gattung Pilumnus (Crustacea Decapoda) und verwandter Gattungen. — *Capita Zoologica*, vol. 4, n°3, pp. 1-47, fig. 1-7, pl. 1-7.

— 1938. — Die Dekapoda Brachyura von Dr Sixten Bocks Pacifik-Expedition 1917-18. — *Göteborgs Kungl. Vet. - och Vitterh. - Samh. Handl.*, vol. 5, B, n° 7, pp. 1-85, 18 textfig., 2 pl.

Boone (L.), 1934. — Stomatopoda and Brachyura. Scientific Results of the World Cruise of the Yacht « Alva » 1931. *Bull. Vanderbilt Mar. Mus. Huttington N. Y*, vol. 5, pp. 1-210, 109 pl.

Borradaile (L.A.), 1903. — Marine Crustaceans. In : J. St. Gardiner, *The Fauna and Geography of the Maldive and Laccadive Archipelagoes*, vol. 1, part 3. III, The Xanthidae and some others crabs, pp. 237-271, fig. 41-60.

Chopra (B.) et Das (K.N.), 1937. — Further Notes on Crustacea Decapoda in the Indian Museum. IX. On three Collections of Crabs from Tavoy and Mergui Archipelago. — *Rec. Indian Mus.*, vol. 37, part 4, pp. 463-514, 18 text fig., pl.9

Dana (J.D.), 1852 *a*. — Conspectus Crustaceorum quae in Orbis Terrarum circumnavigatione, Carolo Wilkes e Classe Reipublicae Foederatae Duce, lexit et descripsit. — *Proc. Acad. nat. Sci. Philadel.*, vol. 6, pp. 73-86.

— 1852*b*. — Crustacea. United States Exploring Expedition during the years 1838, 1839, 1840, 1841, 1842. Part I, vol. 13 pp. I-VIII, 1-685. — 1855. — Atlas, vol. 13, pp 1-27, pl. 1-96.

Holthuis (L.B.), 1953. — Enumeration of the Decapod and Stomatopod Crustacea from Pacific Coral Islands. — *Atoll Research Bull.*, n° 24, pp. 1-66, 2 cartes.

Man (J.G. de), 1887-88. — Report on the Podophthalmous Crustacea of the Mergui Archipelago, collected for the Trustees of the Indian Museum, Calcutta, by Dr. John Anderson, F.R.S., Superintendent of the Museum. Part I-V. — *J. Linn. Soc. London, Zool.*, vol 22, n° 136-140, pp. 1-312, pl. 1-19.

— 1890. — Carcinological Studies in the Leyden Museum, N° 4. — *Notes Leyden Museum*, vol. 12, n° 13, pp.49-126, pl 3-6.

Miers (E.J.), 1886.— Report on the Brachyura collected by H.M.S. « Challenger » during the years 1873-76. *In : Report Scient. Res. Voyage H.M.S. « Challenger », Zool.*, part 49, vol. 17, L + 362 pp.,29 pl.

Milne Edwards (A.), 1867. — Description de quelques espèces nouvelles de Crustacés Brachyures. — *Ann. Soc. entomol. France*, 4° sér., vol.7, pp. 263-288.

— 1873. — Recherches sur la faune carcinologique de la Nouvelle-Calédonie. — *Ibid.*, vol. 9, pp. 155-332, pl. 4-18.

Monod (TH.), 1956. — Hippidea et Brachyura ouest-africains. — *Mém. I.F.A.N.*, n° 45, pp. 1-674, 884 fig.

Nobili (G.), 1907. — Ricerche sui Crostacei della Polinesia. — *Mem. Accad. Sci. Torino*, sér. 2, vol. 57, pp. 351-430, pl. 1-3.

Ortmann (A.), 1893. — Die Decapoda-Krebse des Strassburger Museums. VII, Brachyura. II, Cyclometopa. — *Zool. Jahr. Iena, Abt. f. Syst.* vol. 7, pp. 411-495, pl. 17.

Rathbun (M.J.), 1906. — The Brachyura and Macrura of the Hawaiian Islands. — *U.S. Fish. Comm. Bull. for 1903*, part 3, pp. 827-930, pl. 1-24.

— 1907. — Reports on the Scientific results of the Expedition to the Tropical Pacific... by U.S. Fish. Commission Steamer « Albatross »...IX, X, The Brachyura. — *Mem. Mus. Comp. Zoöl, Cambridge*, vol. 35, n° 2, pp.23-74, pl.1-9.

Sakai (T.), 1939 — Studies on the Crabs of Japan. IV, Brachygnatha, Brachyrhyncha. — *Tokyo*, pp. 365-741, 129 textfig., 70 pl.

Stephensen (K)., 1945. — The Brachyura of the Iranian Gulf. — *Danish Scient.Invest., Copenhagen*. Part III, pp. 57-237, fig. 1-60.

Tweedie (M.W.F.), 1950. — The fauna of the Cocos - Keeling Islands, Brachyura and Stomatopoda. — *Bull. Raffles Mus. Singapore*. n° 22, pp. 105-148, fig. 1-4, pl. 16, 17.

Ward (M)., 1932. — The true Crabs of the Capricorn Group, Queensland. — *Austr. Zool. Sydney*, vol. 7, part 5, pp. 237-255.

MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Série F. — Tome III. — 1960

DESCRIPTION GEOMORPHOLOGIQUE DE NOSY BE, DU DELTA DU SAMBIRANO ET DE LA BAIE D'AMPASINDAVA

par

R. BATTISTINI

SOMMAIRE

Chapitre I

Généralités 125

1° Géologie 126
2° Climatologie 130
3° Botanique 134
4° Hydrologie marine 135

Chapitre II

Le littoral oriental de la presqu'île d'Ampasindava et la baie d'Ambavatoby 139

I. — Généralités 139
1° Structure 139
2° Relief 140
II. — La baie d'Ambavatoby 141
1° Le relief de cuestas 141
2° Les niveaux d'érosion 143
3° Les caractères généraux de l'érosion et de la sédimentation dans la baie d'Ambavatoby 144
4° Les récifs coralliens 147
III. — Les iles et les récifs de l'extrémité de la presqu'ile d'Ampasindava 153
1° Le récif de Madiro 153
2° Nosy-Ankazoberavina 154
3° Nosy Antsoha 155
4° Nosy Kivongy 155
IV. — Le littoral occidental de la baie d'Ampasindava 156
1° Le littoral entre Anora et Ambaliha 158

A. Les récifs coralliens 160
B. Les cordons littoraux 161
2° Le massif intrusif à dépression annulaire d'Ankobabe-Ampasimbitika et la côte entre Ambaliha et l'embouchure de la rivière Joja 170
V. — La morphologie de l'intérieur de la presqu'île et le massif intrusif de Bezavona 176
VI. — Les Kisimany 178
1° Nosy Kisimany Be 179
2° Nosy Kisimany Kely 184
3° Les hauts fonds entre Nosy Kisimany Kely et le cap Makamby 185
VII. — Les Ambariotelo 186
1° Nosy Mamoko 186
2° Nosy Kely, Nosy Lolo et les écueils voisins 188

Chapitre III

Le delta du Sambirano 195

I. — Généralités 195
II. — La bordure interne du delta 198
1° L'origine du grand talus interne 198
2° Les surfaces d'érosion anciennes latérisées 200
3° Les petits épandages de piedmont 201
III. — La plaine deltaïque 202
1° Pente du delta du Sambirano 202
2° Morphologie de la plaine deltaïque 203
IV. — La bordure externe amphibie 207
1° La frange interne de palétuviers 208
2° La zone de vase sans végétation 210
3° La zone de la mangrove centrale 211
4° Les cordons de plage externes 214
5° La frange externe de palétuviers 215
6° Les formes de colonisation sur la bordure externe de la mangrove 215
V. — Les massifs inclus dans le delta 216
1° Le massif d'Ankify et les monts du Sambirano 216
2° Le récif corallien d'Ankify 218
VI. — Les prolongements sous-marins et le front du delta 220
1° Ombilics et deltas de marée des chenaux de la mangrove ... 220
2° Les accumulations sableuses en éventail en face des bouches fluviatiles actives 222
3° Les crêtes et sillons prélittoraux 223
VII. — Les données fournies par les sondages d'Ambanja et d'Antsahampano sur la structure et la genèse du delta .. 223

CHAPITRE IV

Le littoral oriental de la baie de Tsimipaika 230

1° Le relief de la presqu'île d'Ambato et de Nosy Faly 230
2° Les récifs coralliens 232
3° Les formes de colmatage 233
4° La morphologie des estrans rocheux 236

CHAPITRE V

Nosy-Be 239

I. — LE RELIEF DE L'INTÉRIEUR DE NOSY-BE 240
1° Les collines latéritiques de l'Est 240
2° La région volcanique occidentale 243
A. Le massif principal occidental et les cratères lacs 245
B. La plaine côtière occidentale 249
C. Les constructions volcaniques élémentaires récentes 250
3° Le massif du Lokobe 255
II. — LA MORPHOLOGIE DU LITTORAL DE NOSY-BE 256
1° La morphologie des estrans rocheux 257
A. Granites et syénites du Lokobe 257
B. Basaltes, basanitoïdes et ankaratrites 259
C. Rhyolites 262
D. Cinérites et brèches cinéritiques 262
2° Les formes de colmatage 263
A. Les matériaux des cordons et des plages 263
B. Les types d'accumulation 266
3° Les récifs coralliens de Nosy-Be 275
A. Les récifs coralliens du Nord de Nosy-Be entre la baie d'Antsoa et la baie de Fascène 277
B. Les récifs coralliens du Sud de Nosy-Be entre la baie de Fascène et Hellville 287
C. Les récifs coralliens de l'Ouest de Nosy-Be entre la baie d'Antsoa et Hellville 293

CHAPITRE VI

Nosy Komba et les îlots proches de Nosy Be 300

I. — NOSY KOMBA 300
II. — LES ILOTS D'AMBARIOTELO 303
1° Ambariobe 305
2° Ambariotelo 306
3° Le rocher Sud 307
4° Nosy Vorona 308
III. — NOSY FANIHY 309
IV. — SAKATIA 310
V. — TANIKELY 311

Chapitre VII

Les fonds sous-marins 314

1° Le plateau continental 314
2° La barrière immergée 315
3° Les traces d'un réseau hydrographique ennoyé 319

Chapitre VIII

Tectonique et eustatisme 321

Conclusion

Les conditions générales de l'érosion et de la sédimentation 327

Annexe 1. — Analyses granulométriques 331

Bibliographie 341

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

La région étudiée se trouve sur la côte nord-ouest de Madagascar approximativement entre 48° et 48°30'' Est-Greenwich en longitude, et 13° sud et 13°50'' sud en latitude (fig. 1).

Elle comprend le littoral de la baie d'Ampasindava, le delta du Sambirano, le littoral de la baie de Tsimipaika, enfin les îles de Nosy Bé et de Nosy Komba.

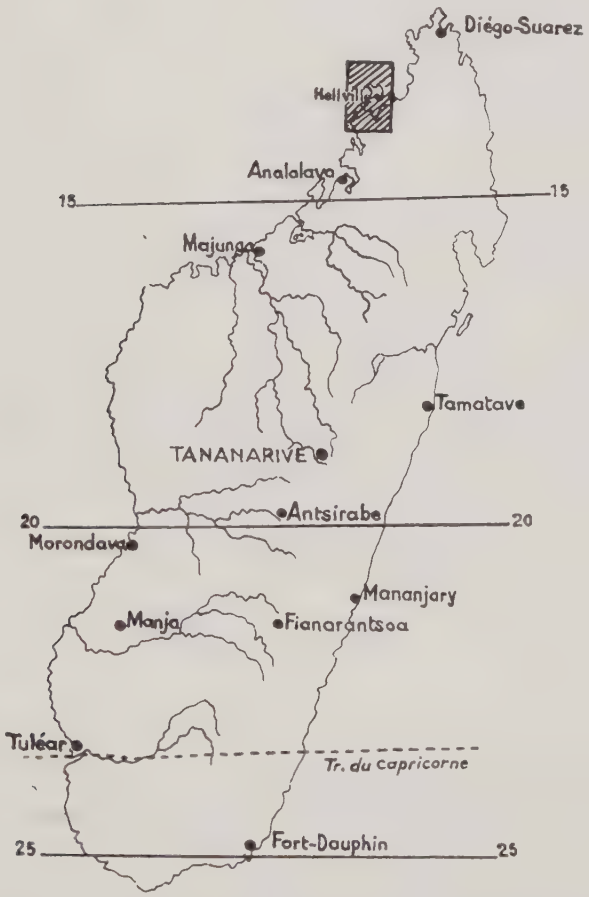


Fig. 1. — Madagascar. En grisé la région étudiée.

La côte nord-ouest de Madagascar, entre le Cap Saint-André et Diégo, est la plus découpée de la Grande Ile. Elle est bien différente sur ce point de la côte sud-ouest ou de la côte est. Le petit secteur qui fait l'objet de ce mémoire est caractéristique à cet égard. On y trouve un relief continental accusé dont les parties basses sont envahies par la mer. Il est fréquent de trouver des hauteurs importantes à peu de distance du littoral : le massif des Deux-Sœurs (750 m) dans la presqu'île d'Ampasindava est à 10 kilomètres seulement du rivage ; à Nosy Komba il y a une cote 600 mètres à 2 kilomètres seulement de la mer ; le sommet du mont Ambato (455 m) est à 1,5 kilomètres de la ligne de rivage. Cependant on observe peu de hautes falaises marines. Les pentes continentales descendent souvent jusqu'à la mer, précédées seulement par un cordon de plage ou par une mangrove. La plupart des baies s'expliquent par l'ennoiement des basses vallées des principales rivières (baie d'Ambavatoby, baie d'Ambararata, etc.).

Un autre caractère du littoral de la région de Nosy Bé est l'existence d'une mer généralement calme, agitée seulement lors du passage occasionnel de cyclones. C'est aussi une différence essentielle avec les côtes sud-ouest, sud, et est de Madagascar, perpétuellement battues par une houle puissante. Le calme de la mer favorise l'établissement des mangroves, dont certaines poussent face au large sans même la protection de cordons de plage. Il favorise aussi la croissance du delta du Sambirano, dont la forme protubérante caractéristique implique une faible action érosive de la mer.

Le troisième aspect essentiel de cette côte réside dans l'existence de récifs coralliens de type frangeant. Ces récifs ont déjà fait l'objet d'un inventaire général par A. Guilcher (*Etude géomorphologique des récifs coralliens du nord-ouest de Madagascar*, 1956). Ils sont morphologiquement très différents des récifs du sud-ouest et de l'est de Madagascar. Leur morphologie est très étroitement liée aux deux caractères précédemment énoncés : raideur fréquente des reliefs précoralliens, et rareté des grandes houles.

1° Géologie

Les principaux travaux sur la géologie de cette région sont ceux de Lacroix (1902, 1923), Lemoine (1906), Besairie (1936, 1952), de Saint-Ours (1956) et Guilcher (1956).

Le nord-ouest de Madagascar est caractérisé par le développement des reliefs de cuesta, façonnés dans les horizons sédimentaires allant du Karroo au tertiaire supérieur (fig. 2).

Les pendages généralement réguliers vers le nord-ouest et le nord des couches sédimentaires donnent naissance à un système de cuestas

allongé du sud-ouest au nord-est entre la montagne d'Ambre et la Betsiboka, et de l'Est à l'Ouest entre la Betsiboka et le Cap Saint-André.

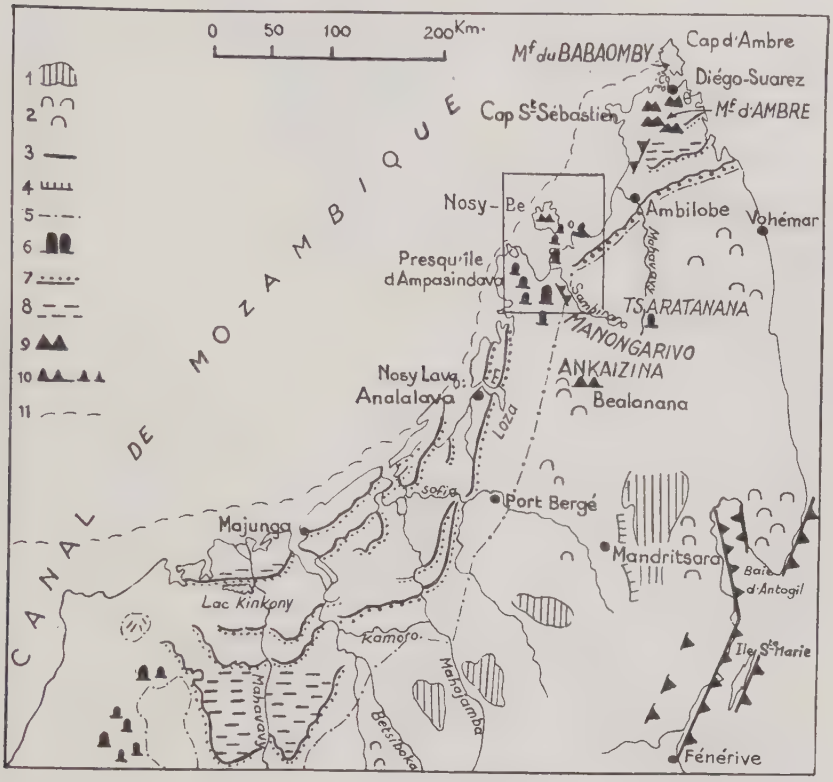


Fig. 2. — Carte géomorphologique du nord de Madagascar, d'après A. GUILCHER (cours, p. 44).
1 : Tampoketsa. 2 : Hauteurs de granite. 3 : Crête de quartzite. 4 : Crête dans migmatites. 5 : Bord W du massif ancien. 6 : Relief dans venue post-liasique. 7 : Cuesta. 8 : Karst. 9 : Ensemble de volcans récents à formes conservées. 10 : Faille (probable ou possible) se marquant dans le relief. 11 : Barrière immergée.

L'étalement des bandes sédimentaires et des reliefs monoclinaux est le plus considérable sur le méridien de Majunga. Les pendages y sont généralement très faibles. Une coupe suivant le cours de la Mahavavy du sud montre, sur une largeur de 180 kilomètres, au moins quatre cuestas : une première grande cuesta complexe est due à l'affleurement des calcaires du jurassique moyen ; une seconde cuesta moins élevée dans les grés crétacés domine une dépression mono-

clinale évidée dans les marnes oxfordiennes et calloviennes ; une troisième cuesta correspond à l'affleurement des basaltes du crétacé moyen ; enfin les calcaires du crétacé supérieur donnent un dernier relief monoclinal qui a par endroits une centaine de mètres de commandement.

Plus au nord, à l'embouchure de la Loza, il s'ajoute à ce système une dernière cuesta qui correspond à l'affleurement des calcaires éocènes ; elle est nettement individualisée dans la presqu'île de Narinda et se prolonge au nord dans l'île de Nosy Lava.

Dans l'extrême Nord de Madagascar, une coupe entre le Bobaomby et l'Analatamby traverse trois belles cuestas façonnées dans l'Isalo I, le jurassique moyen, et le crétacé inférieur. Les calcaires éocènes de la rade de Diégo donnent des reliefs tabulaires comme la montagne des Français que l'on peut difficilement appeler cuesta du fait de la faiblesse des pendages.

La région de Nosy Bé et du Bas-Sambirano qui nous intéresse ici est caractérisée par un rétrécissement considérable de la zone sédimentaire, qui se trouve probablement en majeure partie immergée. Seuls les termes les plus anciens apparaissent (fig. 3).

L'Isalo I (Karroo supérieur) reposant directement sur le socle cristallin affleure sur une vingtaine de kilomètres de largeur entre le massif ancien et le delta du Sambirano. Ce sont des grés plus ou moins grossiers, azoïques, qui présentent parfois une structure entrecroisée ; le pendage général est vers le nord-ouest.

Dans la presqu'île d'Ampasindava affleurent le lias et le jurassique moyen à faciés mixte, comprenant des grès et des schistes.

Le lias supérieur, qui présente les mêmes faciès, constitue le substratum de Nosy Bé, de Nosy Komba, et de la presqu'île d'Ankify.

Les termes plus récents de la série sédimentaire du Nord-Ouest sont absents. La seule cuesta présentant une certaine continuité est façonnée dans les grés de l'Isalo. Elle est mal individualisée à la latitude du Sambirano, mais plus nette sur la Mahavavy du Nord où son revers est tronqué par un pédiment latéritisé qu'a étudié A. Guilcher (1956). Des reliefs monoclinaux discontinus s'observent aussi dans les grés du Lias supérieur de Nosy Bé et de la presqu'île d'Ampasindava.

Le second caractère essentiel de la géologie de la région de Nosy Bé et du Bas-Sambirano est l'intrusion, à travers les horizons sédimentaires, de nombreuses venues éruptives post-liasiques. Ces intrusions sont représentées par des granites alcalins (Nosy Bé, presqu'île d'Ampasindava), des syénites du type pulaskite et laurvikite (presqu'île d'Ampasindava), des syénites néphéliniques (Nosy Kombaet pointe d'Ankify) et des phonolites (Ambohidravy). Ces roches, qui ont traversé à l'emporte pièce en les déformant localement les horizons sédimentaires du Lias, forment de grands dykes et des massifs.

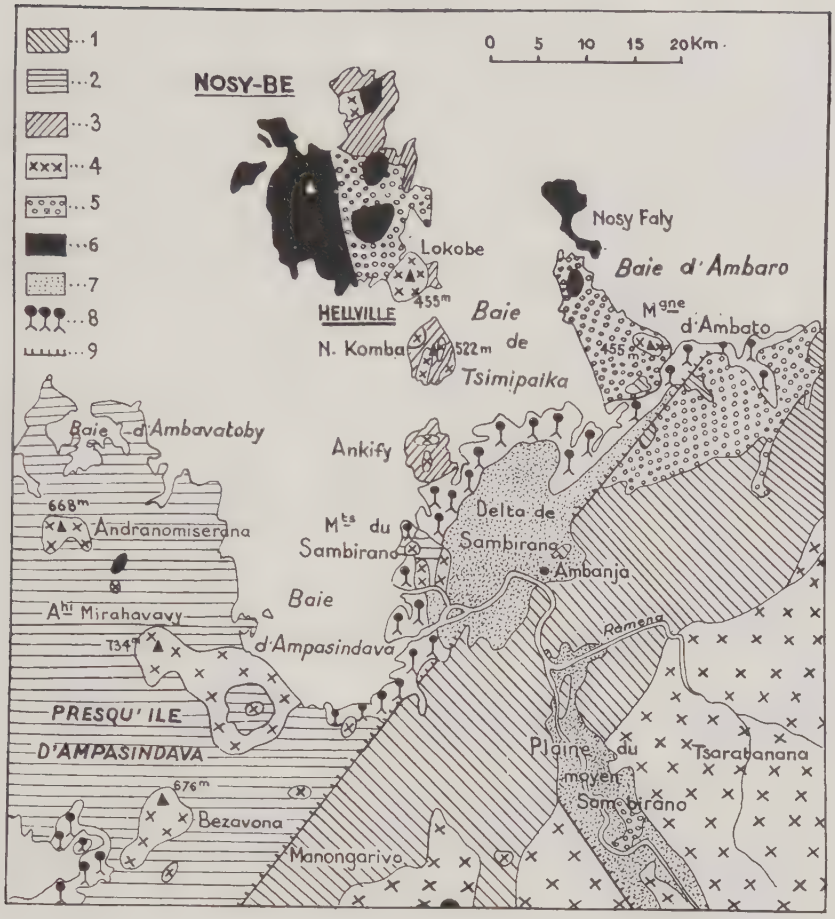


Fig. 3 — Carte géologique d'ensemble de la région étudiée.

1 : Isalo I continental (Karroo supérieur). 2 : Lias et Jurassique moyen à faciès mixte. 3 : Lias. 4 : Roches éruptives post Karroo. 5 : Latérite ; argile latéritique ; carapace sableuse. 6 : Roches volcaniques quaernaires. 7 : Alluvions fluviatiles récentes du Sambirano. 8 : Mangroves. 9 : Failles du bas et du moyen Sambirano.

Enfin, à une époque récente, probablement plio-quaternaire, des volcans, dont certains ont gardé encore presque intactes leurs formes originelles, ont couvert la partie occidentale de l'île de Nosy Bé d'un manteau continu de cinérites.

On attribue à ce volcanisme récent les roches de la famille des basaltes et les rhyolites qui couvrent l'ouest et le centre de Nosy Bé et constituent l'essentiel de l'ossature de Nosy Faly et des îles Mitsio.

2° Climatologie

La région de Nosy Bé et du Bas-Sambirano possède un climat particulier, dû à la position sous le vent par rapport à l'alizé, qui est arrêté par l'énorme massif du Tsaratanana. L'alizé contourne ce massif vers le nord, et ne se fait pas sentir dans la région que nous étudions. Ce calme permet l'établissement d'un régime de vents locaux avec alternance de brises de terre et de mer. Le contournement vers le nord du massif par l'alizé entraîne la formation d'une dépression

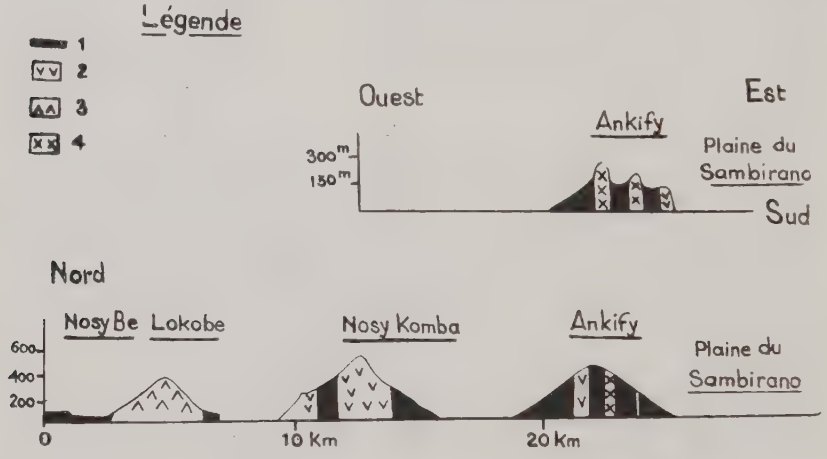


Fig. 4. — Coupes à travers les massifs intrusifs du Lokobe, de Nosy Komba, et de la montagne d'Ankify, d'après H. Besairie (carte géologique de Nosy-Bé au 1/200.000e).

1 : Lias supérieur.
2 : Syénite néphélinique } intrusions
3 : Pulaskiste } post liasiques.
4 : Phonolite

d'origine dynamique sous le vent du Tsaratanana avec création de conditions favorables à des précipitations assez fréquentes de caractère orageux même pendant la saison sèche.

A la saison des pluies, la mousson du Nord-Nord-Ouest, sensible aux Comores, pénètre jusque dans le Nord Ouest de Madagascar.

Pluies

La région de Nosy Bé et du Bas Sambirano est caractérisée par des pluies annuelles assez abondantes (2244 mm à Nosy Bé, 2196 mm à Ambanja). Le maximum est en janvier (508 mm à Fascène, 462 mm à Hellville, 541 mm à Ambanja). Le minimum est en juillet (25 mm à Fascène, 37 mm à Hellville) ou en juin (26 mm à Ambanja).

Malgré la possibilité de pluies de convection toute l'année, surtout dans le bassin du Sambirano, on constate l'existence d'une saison des pluies (d'octobre à avril) et d'une saison sèche (de mai à septembre) bien tranchées.

Le tableau suivant donne les moyennes mensuelles et annuelles les plus récentes pour six stations de la région étudiée : Nosy Faly, Fascène, Hellville, Tany Kely, Ambanja et Mailaka (1).

	Hauteurs moyennes de pluies en mm.					
	Nosy Faly (1950-57)	Fascène (1945-57)	Nosy Bé (1936-55)	Tany Kely (1950-57)	Ambanja (1936-55)	Mailaka (1936-55)
Janvier	446	508	462	395	541	506
Février	509	423	428	406	475	432
Mars.....	316	299	298	260	297	311
Avril	161	168	143	126	133	172
Mai.....	78	100	63	61	39	41
Juin	38	37	48	54	26	30
Juillet	29	25	37	42	27	31
Août	52	36	38	53	39	41
Septembre.....	58	37	48	58	45	52
Octobre	133	77	107	126	72	89
Novembre	213	146	193	224	167	121
Décembre	405	407	379	342	335	270
Total annuel ..	2.438	2.263	2.244	2.147	2.196	2.096

Températures

La température moyenne annuelle est à Nosy Bé de 26 degrés. Ce chiffre est donc supérieur à ceux de l'extrême sud de Madagascar (24°), de la côte Est (24°) et des hautes terres (entre 18° et 22°). La côte ouest, au sud de la région du Bas-Sambirano, fournit des chiffres compris entre 24° pour le sud, et 27° pour le nord.

Les écarts thermiques annuels et diurnes sont faibles, ce qui s'explique par l'influence modératrice de la mer.

Le tableau suivant donne les chiffres les plus récents concernant les moyennes des maxima, les moyennes de minima, les maxima absolus et les minima absolus, pour les deux stations de Nosy Bé et d'Ambanja (Températures moyennes et extrêmes en degrés centigrades et 1/10°) :

(1) Chiffres communiqués par le Service météorologique de Madagascar.

Tableau I

	Nosy bé (1939-1955)				Ambanja (1941-1955)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Janvier .	30,7	23,3	33,5	20,3	31,1	22,5	34,4	17,6
Février .	30,7	23,3	34,2	20,8	31,2	22,7	33,8	20,3
Mars ...	31,1	23,6	34,0	20,0	31,8	22,8	36,6	20,7
Avril ..	31,1	23,3	33,7	20,3	31,8	22,1	33,9	18,5
Mai	30,3	22,2	32,6	17,9	31,4	20,5	33,7	15,6
Juin ...	29,0	20,5	32,5	15,0	30,5	18,4	33,6	11,5
Juillet .	28,4	19,4	31,3	15,2	30,1	17,3	33,4	11,6
Août ...	28,7	19,6	31,5	16,0	30,4	17,5	33,8	11,7
Sept ...	29,7	20,5	32,5	16,3	31,0	19,0	34,6	14,4
Octobre	30,7	21,7	33,6	17,6	32,0	20,4	35,8	14,9
Nov....	31,2	22,7	34,8	19,7	32,1	21,8	35,8	17,0
Déc	31,2	23,1	34,4	20,2	31,9	22,4	35,8	19,6
Année .	30,2	21,9	34,8	15,0	31,3	20,6	36,6	11,5

1 : Moyennes des maxima. — 2 : Moyennes des minima. — 3 : Maxima absolus. — 4 : Minima absolus.

Les vents

Ainsi que nous l'avons déjà écrit, l'alizé, arrêté par le massif du Tsaratanana, ne se fait pas sentir dans la région de Nosy Bé et du Bas-Sambirano. Là réside la différence essentielle avec la côte est, et avec l'extrême nord-est à Diégo-Suarez, où l'alizé souffle en effet avec constance et violence pendant les trois quarts de l'année (d'avril à novembre) : il y a à Diégo-Suarez 99% de vents du Sud Est et d'Est en juillet et août et 100% en septembre, à 10 h 30 G.M.T ; en septembre il y a, à la même heure, 92% de vents de plus de 50km /heure.

L'absence de l'alizé dans la région que nous étudions permet l'établissement d'un régime de vents de terre et de mer alternés qui soufflent principalement soit du Nord Ouest (talio), soit du Sud Est (varatraz). Ces vents n'ont ni la constance, ni la violence de l'alizé. Ce sont des vents de force modérée, et qui soufflent rarement plus de quelques heures de suite dans la même direction. Il faut le passage d'un typhon pour que l'on observe à Nosy-Bé de violents coups de vents.

Le tableau II reproduit les moyennes les plus récentes concernant le pourcentage des directions en rose de 8 et des calmes, et le pourcentage des vitesses pour l'ensemble des directions (en mètres-seconde) pour la Station de Nosy Bé (2).

(2) Chiffres communiqués par le Service météorologique de Madagascar.

Tableau II

Vent au Sol

Station de Nosy Bé — Période 1952-56

*(Moyennes des observations de **03, 06, 09, 12, 15 et 18** heures locales)*

Mois	Pourcentage des directions en rose de 8 et des calmes									Pourcentage des vitesses pour l'ensemble des directions en mètres-seconde					
	N.	N.-E.	E.	S.-E.	S.	S.-O.	O.	N.-O.	Calme = 0	1/3	4/7	8/11	13/15	16/19	20
Janvier	10	2	2	1	12	5	12	8	48	41	8	2	1	0	0
Février	7	2	3	1	12	4	13	7	51	41	6	1	1	0	0
Mars	9	4	2	1	11	5	10	7	51	41	7	1	0	0	0
Avril	7	4	2	2	14	4	8	5	54	40	3	0	1	1	1
Mai	8	3	2	2	16	3	9	4	53	39	6	1	1	0	0
Juin	8	3	1	2	14	3	11	6	52	44	3	1	0	0	0
Juillet	7	3	2	2	17	3	13	6	47	45	7	1	0	0	0
Août	10	5	2	2	17	4	15	7	38	52	10	0	0	0	0
Septembre	10	5	2	3	15	3	19	8	35	50	14	1	0	0	0
Octobre	12	7	4	1	15	4	17	10	30	55	15	0	0	0	0
Novembre	14	7	3	2	13	6	13	11	31	56	12	1	0	0	0
Décembre	11	3	1	3	15	5	15	11	36	54	8	1	0	0	1

3°) Botanique

La flore primitive de la région de Nosy Bé et du Bas-Sambirano a de nombreux rapports avec celle de la région orientale de Madagascar. C'est une flore à feuilles persistantes, de type tropical humide, avec souvent les mêmes espèces que sur la côte Est. Les affinités avec la flore de la région occidentale de l'île sont beaucoup plus minces. M. H. Perrier de la Bathie, dans son ouvrage sur la végétation malgache (1921) distingue trois formations :

1° La forêt des alluvions et des bords des cours d'eau qui a été presque entièrement détruite. Seuls demeurent quelques grands arbres à feuilles persistantes qui constituaient de hautes futaies : *(Gluta tiurtur*, un *Canarium*, deux *Ficus*, *Adansonia bozy*, *Hymenodyction).*

2° La forêt poussant sur les pentes à sol profond. Elle aussi a été presque partout détruite, remplacée par la Savoka à bambous, à Haronga, à Longozo et à Ravenala. La forêt du Lokobe est un témoin préservé de cette forêt primitive. C'est une haute futaie comprenant un grand nombre d'espèces en mélange, parsemée de Ravenala et de grands palmiers, et avec des lianes souvent de grande taille. Au point de vue botanique, ce sont les mêmes espèces que celles de la forêt de l'Est, ou bien des espèces voisines. Une seule espèce, *Grangeria madagascariensis*, est d'affinités occidentales.

3° Les bois des collines gréseuses, moins sujets aux défrichements, sont conservés au contraire sur d'assez grandes surfaces, en particulier dans la presqu'île d'Ampasindava. C'est une forêt beaucoup moins haute, à feuillage grisâtre, et sous-bois peu fourni ; il n'y a pas de Palmiers, de Mousses, ni de Fougères.

Les essences rares (le *Diospyros* qui fournissait l'ébène de Nosy Bé) et les plantes à caoutchouc (le caoutchouc était produit par trois *Mascarenhasia : M. arborescens*, *M. lanceolata*, *M. angustifolia ;* deux : *Landolphia : L. Perrieri* var. *ambatensis*, *L. crassipes* et un *Plectaneia : P. microphylla)* ont quasiment disparu. Dès avant 1921 Perrier de la Bathie n'avait pu identifier un seul ébénier. Quant aux plantes à caoutchouc, il en reste seulement quelques exemplaires isolés.

Dans la plus grande partie de Nosy Bé et dans le delta du Sambirano la destruction de la forêt n'a pas eu de conséquences graves au point de vue de la conservation des sols. La végétation primitive a été en partie remplacée par des cultures d'exportation souvent arbustives : ylang-ylang, caféiers, liane à poivre etc... qui constituent un couvert de remplacement, et donnent un aspect verdoyant à cette région, l'une des plus belles réussites de mise en valeur à Madagascar. Ailleurs sur les réserves indigènes du nord de Nosy Bé, où dans les collines en arrière du delta du Sambirano, il n'en est pas de même. De vastes espaces fréquemment incendiés sont couverts par la savoka et

par la savane à *Hyparrhenia rufa* et *Heteropogon contorlus*. Dans ces endroits on observe des traces d'érosion rapide des sols, avec ravinements et arrachements dans les latérites meubles.

4° Hydrologie marine

Houle

Dans la région que nous étudions, les houles les plus importantes au point de vue géomorphologique ont une origine locale. C'est une différence essentielle avec les côtes sud-ouest ou est de Madagascar, où les houles lointaines, d'origine australe, ont une grande importance. Cette particularité de la région nord-ouest s'explique par l'exposition et par la forme générale de la Grande Ile : la région de Nosy Bé se trouve en effet dans un angle mort que n'atteignent pas les houles australes.

A la saison des pluies une houle modérée est engendrée par la mousson du Nord-Nord-Ouest.

Mais à Nosy Bé la houle est essentiellement causée par l'alternance du vent de mer (talio) qui souffle du nord-ouest et entretient la houle formée par la mousson, et du vent de terre (varatraz) qui souffle du sud-est. Ces vents ont une force modérée. Ils soufflent d'autre part rarement longtemps dans le même sens, le retournement étant habituellement diurne, sauf dans le cas de conditions météorologiques particulières. La houle qu'ils engendrent est courte et cambrée avec rarement plus de 1 mètre de creux.

La plus importante au point de vue géomorphologique est la houle due au talio qui dispose généralement d'un fetch plus grand que la houle de varatraz.

Il faut tenir compte aussi des houles exceptionnelles occasionnées par le passage de cyclones, qui peuvent avoir une importance morphologique notable, malgré leur rareté. Elles permettent d'expliquer certaines particularités dans la disposition et la taille des matériaux détritiques sur les bordures des récifs coralliens.

Marées

La différence entre le niveau des plus basses mers possibles et celui des plus hautes mers possibles est de 4,44 m à Hellville (niveau moyen 2,22 m). Ce marnage est du même ordre de grandeur que ceux de la plupart des stations de la côte ouest de Madagascar (niveau moyen à Majunga : 2,23m ; Tuléar : 2,1 m ; Cap Saint-André : 2,93 m ; Androka : 2,19 m). Ce marnage assez important a comme première conséquence d'entraîner d'assez forts courants de marée, surtout à la sortie des

baies importantes à goulet étroit (Ambavatoby). Il entraîne d'autre part l'émergence, aux basses mers de grandes marées, des parties les plus élevées des massifs de corail vivant, où l'on peut admirer alors des aspects qui rappellent ceux de la Grande Barrière australienne, autre région de marnages importants.

Température des eaux marines

De nombreuses mesures de température des eaux ont été effectuées par le Centre océanographique de Nosy Bé. Dans la région nord-ouest de Madagascar, les eaux marines ont, à faible profondeur, entre 27 et 28° en février (saison chaude) et 24° et 25° en août (saison dite fraîche). Ainsi que le fait remarquer A. Guilcher, ces températures sont un peu inférieures à celles du centre ouest de la Mer Rouge (de 26 à plus de 30°), de l'archipel Bismark, et des Maldives. Elles sont à peu près les mêmes que celles du Détroit de Torrès. Ces températures conviennent en tous cas parfaitement à la croissance des coraux constructeurs qui, ainsi qu'on le sait, vivent entre les limites extrêmes de 18° et 36° centigrades.

Turbidité

La turbidité des eaux de mer varie selon l'exposition et la période de l'année. La plus grande partie des éléments en suspension provient des rivières qui, surtout en saison des pluies, sont très chargées en particules argileuses provenant de l'attaque des latérites. Un survol nous a montré qu'en mars, de grandes langues jaune sale se suivaient jusqu'à plusieurs kilomètres en mer en face de l'embouchure des principales rivières. Ces eaux chargées sont généralement rabattues par le vent et les courants vers les fonds de baies, où se produit l'essentiel de la sédimentation vaseuse dans les mangroves. Le contact entre ces eaux turbides et les eaux claires du large est généralement très brutal ; il se fait en quelques mètres à peine.

Le passage des cyclones, ou les tempêtes, peuvent entraîner une forte turbidité sur les bords de récifs, par brassage et mise en suspension des particules fines du fond.

Mais en général les eaux marines de la région de Nosy Bé sont extrêmement claires. A. Guilcher signale une visibilité d'une dizaine de mètres sur la barrière extérieure devant Nosy Bé. Nous avons souvent observé des visibilités du même ordre sur la bordure des récifs frangeants de la côte ouest de Nosy Bé, et devant Nosy Faly et Nosy Kivongy.

Certains fonds de baie restent toutefois troubles toute l'année, par maintien d'un bouchon vaseux. C'est le cas de certaines parties de la

baie d'Ambavatoby, où la visibilité ne dépasse pas 3 mètres en fin de saison sèche, et de la partie occidentale du fond de la baie d'Ampasindava en face d'Ampasimbitika.

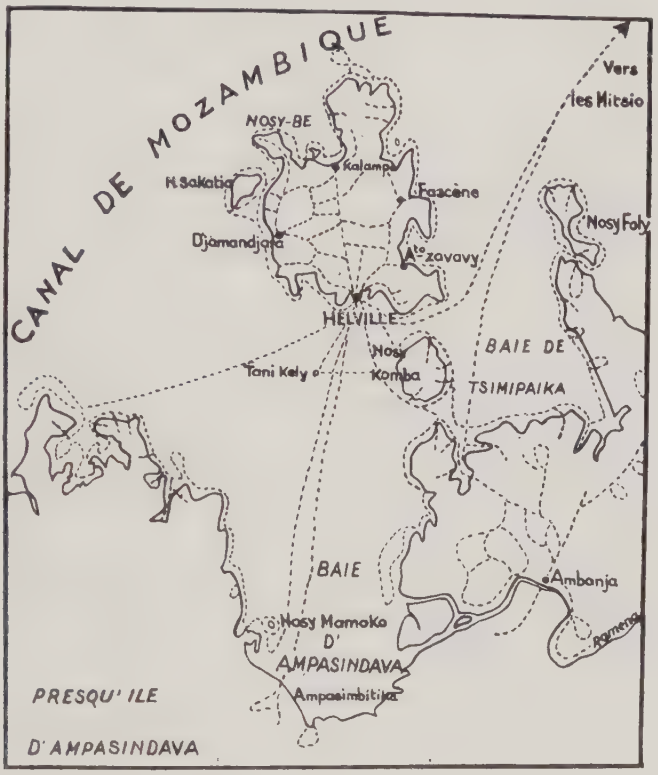


Fig. 5. — Principaux itinéraires terrestres et maritimes effectués.

Les observations qui constituent ce mémoire ont été faites au cours d'une mission de 4 mois dans le nord-ouest de Madagascar, à la saison des pluies de 1957 (février à mai). Notre base de travail a été durant tout ce temps le centre océanographique de Nosy Bé de l'Institut de Recherche Scientifique de Madagascar. L'étude morphologique du littoral de la baie d'Ampasindava, de la baie de Tsimipaika, et des îles, a été effectuée en vedette et en pirogue à balancier. Nous avons disposé une fois, pendant trois jours, pour l'étude du fond de la baie d'Ampasindava, du navire océanographique de la station, l'*Orsom I.* Pour l'étude de l'intérieur de l'île de Nosy Bé, la station océanographique a mis à notre disposition un véhicule tous terrains Landrover. Dans le delta du Sambirano nous avons circulé dans une

camionnette 203, louée par l'intermédiaire de l'Administrateur d'Ambanja, que nous tenons à remercier ici.

Nous voulons remercier aussi M. Chavane, qui nous a fait visiter dans son véhicule personnel la partie septentrionale du delta.

Enfin, trois survols de Nosy Bé ont été effectués sur un bimoteur « Dragon », de la Compagnie Air-Madagascar.

* * *

Le but de ce mémoire est de fournir aux naturalistes de différentes disciplines, qui viendront travailler dans le centre scientifique en voie d'achèvement à Nosy Bé, les bases de la géographie physique de la région de Nosy Bé, du Bas-Sambirano et de la baie d'Ampasindava.

Nous avons adopté une division régionale du mémoire, et, étant donné son but, accordé une grande place à la description de chaque unité ou ensemble géomorphologique, et de chaque type de formes.

Un grand nombre de figures et de cartes doit permettre aux futurs utilisateurs de situer facilement chaque élément de la description régionale. Ces figures et ces cartes pourront aussi le cas échéant servir de canevas à leurs propres études, que celles-ci soient botaniques, pédologiques ou entomologiques.

En l'absence d'une toponymie vraiment précise des récifs coralliens de Nosy Bé, nous avons adopté un système de numérotage de 1 à 52, qui pourra être utilisé par les chercheurs de différentes disciplines pour localiser avec précision leurs propres observations.

CHAPITRE II

LE LITTORAL ORIENTAL DE LA PRESQU'ILE D'AMPASINDAVA ET LA BAIE D'AMBAVATOBY

Documents photographiques et cartographiques utilisés.

On ne possède pour cette région que la carte topographique générale au 1 /500.000e de Madagascar, qui ne donne qu'une idée très schématique du relief (1).

Les cartes géologiques sont la feuille des Comores et de Diégo-Suarez au 1 /500.000e (feuille nº 1), et les cartes d'Ambanja et de Nosy Bé au 1 /200.000e.

Les photographies de la couverture aérienne du Service Géographique de Madagascar sont généralement mauvaises — sauf pour les environs de la baie d'Ambavatoby — avec de nombreux nuages à l'intérieur des terres. Heureusement, on dispose pour l'étude de la morphologie du littoral et des fonds sous-marins de l'excellente carte marine nº 5264 (de la pointe d'Andemby à la pointe d'Angadoka) qui couvre l'ensemble de la baie à l'échelle du 1 /100.340e et de deux cartes marines de détail au 1 /20.000e des mouillages de Nosy Mamoko et de la baie d'Ambararata (feuille 5.204).

I — GÉNÉRALITÉS

Le littoral oriental de la presqu'île d'Ampasindava s'étend à vol d'oiseau sur 45 kilomètres depuis l'îlot d'Ankazoberavina, à l'entrée de la baie, jusqu'à Mailaka, tout à fait au fond de la baie. La longueur totale développée de la ligne de rivage est beaucoup plus importante et doit approcher une centaine de kilomètres. On se trouve en effet en présence d'une côte à rias, avec des baies profondes et digitées dont les plus importantes sont les baies d'Ambavatoby, de Maropango et de Kongony (baie d'Ambararata) qui correspondent à l'ennoiement d'un système de vallées fluviales.

1º Structure

La structure de cette région a été étudiée par P. Lemoine (1906), H. Besairie (1936) et J. de Saint-Ours (1956).

(1) Depuis notre mission, il est paru deux cartes au 1/100.000e en courbe, de niveau, Anorotsanga (feuille Q 33-34) et Ankaramibe (feuille R 33-34) toutes deux excellentes, qui couvrent l'ensemble de la presqu'île d'Ampasindava.

La presqu'île d'Ampasindava est dans son ensemble constituée par une épaisse série gréso-schisteuse à faciès mixte alternativement marin et Karroo d'âge liasique à jurassique moyen. Des lentilles de calcaire s'intercalent fréquemment au milieu des grés et des schistes à n'importe quel niveau du complexe. Ce complexe sédimentaire est traversé par des intrusions importantes de roches éruptives post-liasiques, qui forment les points hauts du relief de la presqu'île : l'Andranomiserano (684 mètres), qui correspond à un massif intrusif de syénites ; l'Ambohimirahavavy ou « massif des Deux Sœurs » (734 mètres) qui correspond à une intrusion surtout granitique et syénitique, enfin le curieux massif à dépression centrale annulaire d'Ampasimbitika-Ankobabe à bordure de syénite et de granite, et noyau central rhyolitique.

Il existe de nombreuses intrusions de plus petite taille, surtout syénitiques.

Les unes et les autres ont perturbé les couches sédimentaires, et déterminé leurs pendages. Dans le nord-est de la presqu'île les couches du complexe gréso-schisteux présentent un pendage vers l'Est et le Nord-Est, dû aux grandes intrusions de l'Andranomiserano et du massif des Deux-Sœurs. La pente des couches atteint fréquemment 20 degrés : à l'entrée de la baie d'Ambavatoby, à Nosy Kisimany, au Cap Belamba, à Ambariofitiky, etc... Il existe des accidents de détail, failles ou pli-failles, qui perturbent localement cette structure dans l'ensemble concordante et inclinée. Par exemple sur la côte orientale de Nosy Kely on peut observer dans la falaise rocheuse un pli-faille presque schématique, avec rebroussement complet des couches le long d'un plan de faille incliné à 35 degrés.

2° Relief

Les hauts massifs de roches éruptives intrusives dominent l'ensemble du paysage. Ce sont des môles difficilement accessibles, aux pentes très fortes , couvertes d'une forêt dense. L'Andranomiserano, qui domine le paysage du fond de la baie d'Ambavatoby, montre une profusion d'arêtes aiguës, et de contreforts pyramidaux, recouverts d'un épais manteau forestier.

En contre-bas de ces massifs, les terrains sédimentaires gréso-schisteux donnent un paysage de collines surbaissées au relief mou et plus confus, généralement entre 50 et 200 mètres d'altitude. Les grandes lignes de ce relief résultent d'une part de l'érosion cyclique qui s'est exercée à plusieurs niveaux successifs, créant un système de surfaces d'érosion étagées, d'autre part de la structure concordante et inclinée des couches sédimentaires, qui a déterminé lors des reprises d'érosion l'apparition d'un relief de cuestas généralement mal dégagé et quelquefois difficilement reconnaissable.

II — LA BAIE D'AMBAVATOBY

Cette baie est une ria. Le réseau hydrographique ennoyé est adapté à la structure concordante et inclinée, et au relief de cuesta qui en résulte, d'où la forme particulière de la baie. Les étranglements du goulet extérieur (entre la pointe d'Antsiraka et de Makamby) et de l'entrée de la baie d'Androfiabe (entre la pointe d'Amboaboaka et la pointe de Marolay) correspondent aux percées conséquentes à travers les deux cuestas principales ; les élargissements des baies d'Andassy-Be, d'Amboahangy, et d'Androfiabe sont dus à l'envahissement par la mer des dépressions monoclinales subséquentes en arrière de ces cuestas.

1° Le relief de cuestas (fig. 6)

La ligne de cuesta la plus remarquable est celle qui ferme au Nord l'ensemble de la baie. Nous la désignons sous le nom de cuesta de Malaikoambany. Le front de cuesta est tourné vers le Sud et le Sud-Ouest, face à l'Andranomiserano. L'accident se présente comme un alignement de hauteurs boisées de 100 à 150 mètres d'altitude, de caractère nettement monoclinal, bien net depuis le sommet de l'Ankiabe, à l'ouest, jusqu'à la baie de Maroakiho au sud-est, soit sur une quinzaine de kilomètres. On peut observer les pendages des couches de part et d'autre du goulet d'entrée, qui recoupe entièrement la ligne de cuesta ; les pendages sont en général de l'ordre de 15 à 20 degrés. La seconde ligne de cuesta, que nous désignons sous le nom de cuesta d'Androfiabe, est beaucoup plus difficile à reconnaître. Elle est jalonnée par les éléments de relief monoclinaux de l'Amboaboaka, par la colline d'Ambolimadiro, et par les reliefs au sud de l'île d'Ampanorolaibe. Les pendages des couches sont du même ordre de grandeur que pour la cuesta d'Ambavatoby.

Les différences de résistance à l'érosion des horizons successifs, nécessaires en même temps que la structure concordante et inclinée, au dégagement d'un relief de cuesta, sont dues à des différences pétrographiques, mais aussi et surtout à des différences dans la stratification des bancs. Les crêtes monoclinales correspondent à l'affleurement de bancs gréseux massifs, en strates épaisses ; lorsqu'elles sont attaquées par la mer, ces strates épaisses donnent sur l'estran des amoncellements de gros blocs (à la pointe d'Antsiraka et de Makamby). Les dépressions subséquentes sont au contraire évidées dans les parties du complexe sédimentaire qui comprennent un plus grand nombre de bancs schisteux, et dans les bancs gréseux à stratification fine ; attaqués par la mer, ces sédiments se débitent sur l'estran non en gros blocs, mais en minces plaquettes.

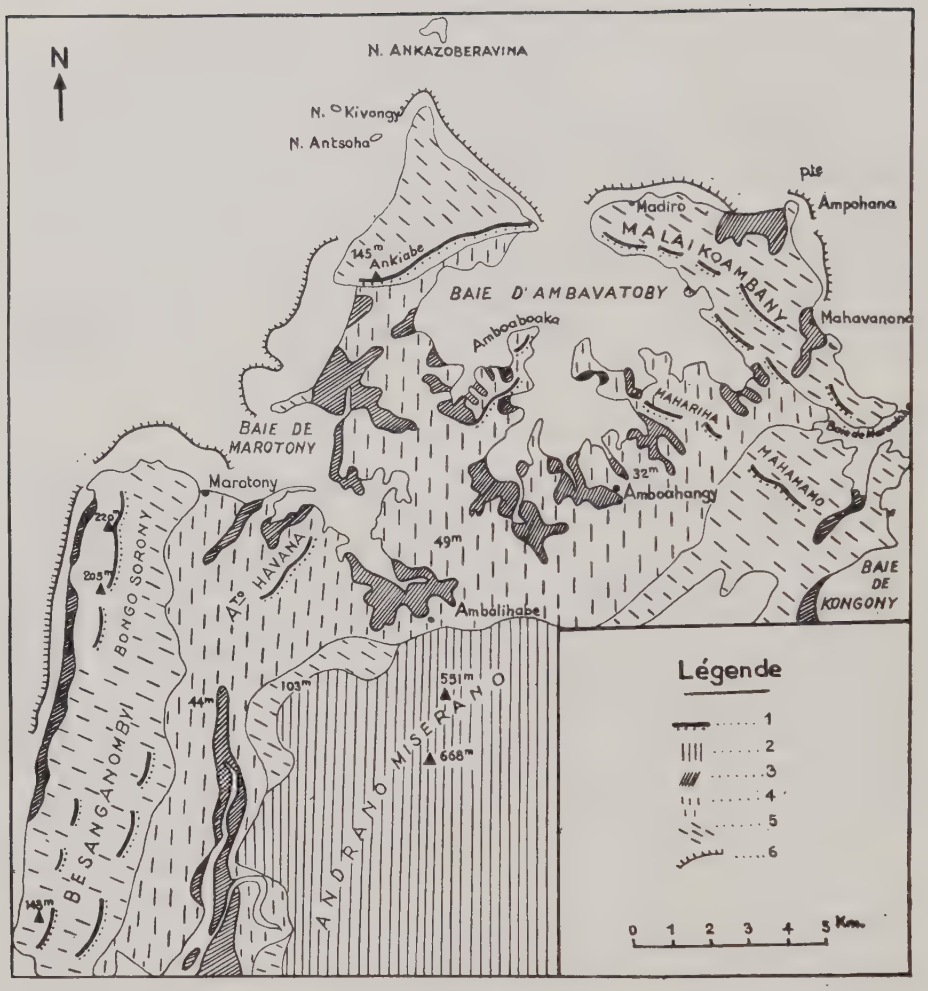


Fig. 6. — Croquis morphologique de l'extrémité de la presqu'île d'Ampasindava 1: Relief de cuesta. 2 : Massif intrusif de l'Andranomiserano. 3 : Mangroves, cordons sableux et bas fonds marécageux. 4 : Niveau d'Ambavatoby (40-60 m). 5 : Niveau de 80-130 m. 6 : Bordure des principaux récifs coralliens.

Les coupes naturelles visibles dans les falaises marines de la baie montrent que, pour des grés de composition pétrographique sensiblement identique, la décomposition sur place et la transformation en latérite meuble se manifestent avec une intensité très différente, selon la disposition et selon l'épaisseur des strates sédimentaires, qui peut varier de quelques millimètres à plus d'un mètre. Plus que les différences pétrographiques, au total ici assez peu tranchées, les diffé-

rences dans la stratification de la roche semblent constituer le facteur essentiel de l'érosion différentielle.

2° Les niveaux d'érosion (fig. 6)

Malgré la rareté des fragments de surfaces d'érosion conservés, les traces d'érosion cyclique sont indiscutables dans l'ensemble de la zone sédimentaire, et, en particulier, autour de la baie d'Ambavatoby. La topographie est celle de collines latéritiques, dont les sommets sont à des altitudes sensiblement identiques, et sont tangents à une ou plusieurs surfaces d'érosion aujourd'hui disséquées qui ont recoupé en biseau les couches sédimentaires inclinées vers le Nord et le Nord-Est.

Il existe un haut niveau, entre 80 et 130 mètres d'altitude, dont on retrouve des traces au nord et au nord-est de la baie, ainsi qu'à l'intérieur de la péninsule au pied de l'Andranomiserano. La plupart des principaux sommets de la ligne de cuesta de Malaikoambany et du revers dérivent de sa dissection. Sa reconstitution et sa cartographie sont difficiles et incertaines.

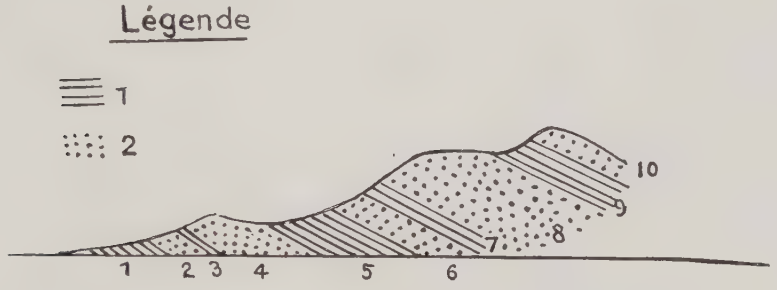


Fig. 7. — Coupe de la falaise du Cap d'Ankatofa (Baie d'Ambavatoby) d'après P. Lemoine. — Longueurs 1/200e ; hauteurs 1/40e.
10 : Grès. 9 : Schistes noirs (0 m 10). 8 : Grès fins jaunes (2 m 40). 7 : Schistes noirs (0 m 10). 6 : Grès fins jaunes (0 m 60). 5 : Alternance de grès et de schistes (0 m 90). 4 : Grès. 3 : Schistes noirs (0 m 05). 2 : Grès (0 m 90). 1 : Schistes noirs (0 m 10).

Les collines latéritiques plus basses qui entourent la baie d'Ambavatoby, en arrière de la ligne de cuesta principale, résultent de la dissection d'un niveau d'érosion inférieur, entre 40 et 60 mètres d'altitude, que nous désignons sous le nom de niveau d'Ambavatoby. Cette surface d'érosion remonte doucement vers le Sud et vers le pied de l'Andranomiserano, formant des golfes entre les reliefs plus élevés qui résultent de la dissection de la surface de 180-130 mètres. La décomposition de la roche et sa transformation en latérite, sur une

épaisseur qui peut dépasser une vingtaine de mètres, ont facilité la dissection de ce niveau inférieur en un fouillis de petites collines. Les sommets des collines restent tangents au plan sensiblement horizontal de la surface d'érosion originelle. Par endroits, par exemple au sud-ouest de la baie d'Andassy Be, il demeure exceptionnellement des fragments intacts de la surface originelle, sous la forme d'étroites lanières conservées dans les interfluves.

Les deux niveaux d'érosion que nous signalons dans la région de la baie d'Ambavatoby se rattachent probablement aux surfaces d'érosion que nous décrirons à la périphérie du delta du Sambirano dans les grès de l'Isalo, ainsi qu'à Ankify et dans la péninsule d'Ambato. Mais en l'absence de tout moyen de datation, il est malheureusement impossible d'établir des corrélations certaines entre les différents éléments de surfaces d'érosion dans la région.

3° Les caractères généraux de l'érosion et de la sédimentation dans la baie d'Ambavatoby (fig. 8)

Cette baie présente la particularité d'être à peu près fermée, et en conséquence très bien protégée contre la houle du dehors. Le goulet par lequel pénètre la houle extérieure n'a que 1 kilomètre de largeur, alors que la baie s'étend sur 10 kilomètres de l'est à l'ouest, et 6 kilomètres du nord au sud. Il faut franchir un second goulet, aussi étroit que le premier, pour pénétrer dans la baie d'Androfiabe qui constitue la partie la plus interne de la baie d'Ambavatoby.

Les profondeurs les plus importantes s'observent dans le goulet d'entrée. Cela est normal puisque la baie résulte de l'immersion d'un système digité de vallées fluviales, dirigé dans l'ensemble vers le Nord. Mais il faut aussi tenir compte de l'action des courants violents de marée, qui balayent le goulet dans les deux sens, empêchant à cet endroit la vase de se déposer sur les fonds, contrairement à ce qui se produit dans le reste de la baie. Le petit ombilic, avec une cote moins 26 mètres à l'entrée de la baie, ne peut s'expliquer que par l'action des courants de marée. La même explication vaut vraisemblablement pour l'ombilic à la cote moins 11 mètres indiquée à l'entrée de la baie d'Androfiabe sur la carte marine 5264.

L'immersion du relief de collines latéritiques donne une ligne de rivage très découpée ; les argiles et les sables argileux formés par décomposition sur place de la roche sont attaqués par la mer en petites falaises ébouleuses. La roche restée saine (schistes ou grès) sous les argiles et les sables argileux latéritiques, est dégagée sur d'estran sous la forme d'écueils ou plus généralement de vastes platiers rocheux. La morphologie et l'évolution sont dans le détail celles d'une côte contraposée, l'ossature de la ligne de rivage étant constituée par les

Fig. 8. — La Baie d'Ambavatoby.

1 : Mangroves. 2 : Espace de vase nue entre la mangrove et la laisse de haute mer. 3 : Bas estran vaseux. 4 : Bas estran sableux. 5 : Platier rocheux. 6 : Accumulation en queue de comète.

Les bordures coralliennes sont indiquées par un trait fort. Les bancs coralliens sont indiqués par les lettres de A à T.

parties restées saines de la roche sous la couverture latéritique. On peut par des exemples montrer quel est le sens de cette évolution (fig. 9). L'île d'Ampanorolaibe, dans la partie orientale de la baie d'Ambavatoby, en représente le premier stade, avec seulement un début de biseautage de la couverture latéritique sur les flancs de la colline isolée par la mer. Au second stade, dont l'Ile Verte, à 500 mètres au nord-ouest de la précédente, représente un bon exemple, seul demeure un chapeau d'argile latéritique, autour duquel s'est développé dans la zone intertidale un vaste platier rocheux correspondant, en gros, à la place qu'occupait la colline primitive. Au troisième et dernier stade de cette évolution la couverture argileuse a été complètement nettoyée, et le chapeau argileux a disparu ; ce stade est celui du grand banc d'Andassy Be, dans l'ouest de la baie d'Ambavatoby, où demeure seulement, à l'emplacement de la colline primitive, des éléments de platiers rocheux couronnés par quelques écueils.

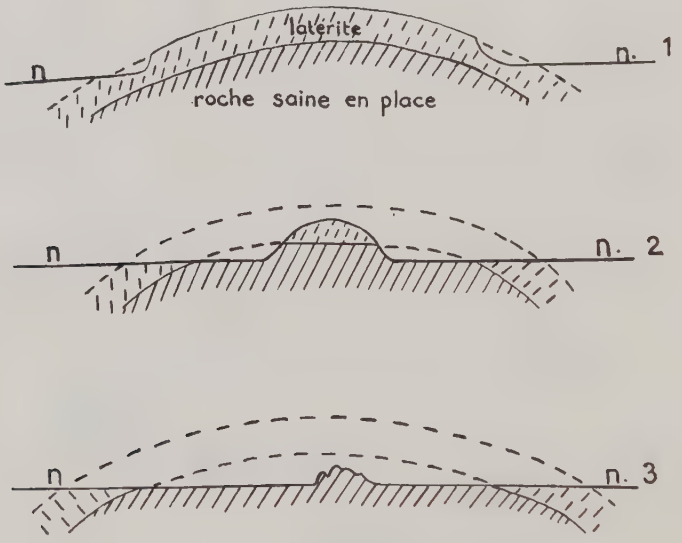


Fig. 9. — Trois stades de la destruction du relief continental par l'érosion marine dans la baie d'Anbavatoby.
1 : Début de biseautage de la couverture latéritique sur les flancs d'une colline isolée par la mer. 2 : Stade intermédiaire. Seul demeure un chapeau d'argile latéritique. Un large platier rocheux s'est développé dans la zone intertidale. 3 : Stade ultime ; la couverture latéritique a été complètement nettoyée. Développement d'un large platier rocheux à l'emplacement de la colline primitive.

La répartition zonale des matériaux de colmatage dans la baie est la suivante. Selon la carte marine, les fonds d'une douzaine de mètres et au-dessous sont occupés généralement par de la vase, rare-

ment par du sable, sauf dans la passe où il y a de forts courants de marée. Une brusque rupture de pente marque presque partout le passage des fonds de 7 à 10 mètres à la partie inférieure de l'estran découvrant aux plus grandes basses mers. Le talus interne, dont la pente dépasse parfois 45 degrés, porte des peuplements de madréporaires, sur un fond de sable coquillier. L'herbier qui lui fait suite est également supporté par des sables coquilliers, la fraction sableuse devenant presque partout de plus en plus fine au fur et à mesure que l'on approche de la ligne de rivage. En face des parties saillantes de la ligne de rivage, l'herbier vient buter généralement contre les platiers rocheux qui précèdent immédiatement la falaise de haute mer. Dans le fond des anses, on traverse au contraire une zone de vase nue, sans herbier, avant d'atteindre la bordure de palétuviers.

La mangrove occupe de vastes espaces au fond de la baie ; elle se développe dans le fond des anses face à la houle en provenance du goulet, et sans la protection de cordons sableux. L'absence de cordons est un indice de la jeunesse de la baie, et du caractère encore embryonnaire des phénomènes de colmatage. Nous avons examiné cette mangrove en deux endroits, au sud du grand banc d'Andassy Be et à l'ouest de la pointe d'Amboaboaka. En ces deux endroits, il s'agit d'une mangrove ouverte, montrant sur sa bordure externe des formes nettes de colonisation par taches. La masse forestière est constituée par des espèces variées en mélange. On remarque cependant quelques peuplements presque purs du genre *Rhizophora* dans la partie externe. Dans la partie plus interne les *Rhizophora* deviennent plus rares, et il y a prédominance des individus du genre *Avicennia*. Cette répartition zonale des genres apparaît nettement sur la photographie aérienne (photographie 017-091) ; les espaces où dominent les peuplements de *Rhizophora* apparaissent en noir foncé ; les peuplements d'*Avicennia* apparaissent au contraire en gris plus ou moins clair.

Entre la masse forestière de la mangrove et la laisse de haute mer, il existe quelquefois une étendue de vase nue, semblable à celle que nous décrirons en arrière des mangroves du delta du Sambirano. A l'endroit où nous avons fait nos observations, cet espace de vase nue mesurait 120 mètres de largeur.

L'essentiel des matériaux de colmatage des fonds de baies proviennent de la démolition des falaises argileuses. Un indice de cette origine est la couleur fréquemment jaunâtre ou rougeâtre de la vase dans la partie tout à fait interne de l'estran.

4° *Les récifs coralliens*

Le récit de Marolay, en face de la pointe du même nom, a déjà été décrit par A. Guilcher (1956). Nos observations ont porté sur le

grand récif d'Andassy Bé, sur le récif faisant face à la pointe d'Amboaboaka, sur le récif d'Ampanorolaibe, enfin sur différents petits bancs ou récifs désignés par les lettres de A à T sur la figure 8.

Un caractère remarquable mérite d'être signalé dès le début : c'est la forme très particulière des récifs, qui poussent face à la direction de la houle dominante, c'est-à-dire face au goulet d'entrée par lequel la houle de l'extérieur pénètre dans la baie. Cette disposition apparaît nettement sur les photographies aériennes (photographie 017-091) et sur le croquis général (fig. 8). Les principaux récifs ont la forme d'éperons, avec souvent des digitations orientées normalement à la houle. Nous avons là l'une des illustrations les plus frappantes du rôle déterminant de la direction de la houle dominante dans la croissance et la morphologie des récifs coralliens. Un autre caractère est l'abondance des récifs isolés, sous la forme de bancs de quelques dizaines de mètres à une centaine de mètres de grande dimension. Ces récifs, posés sur des

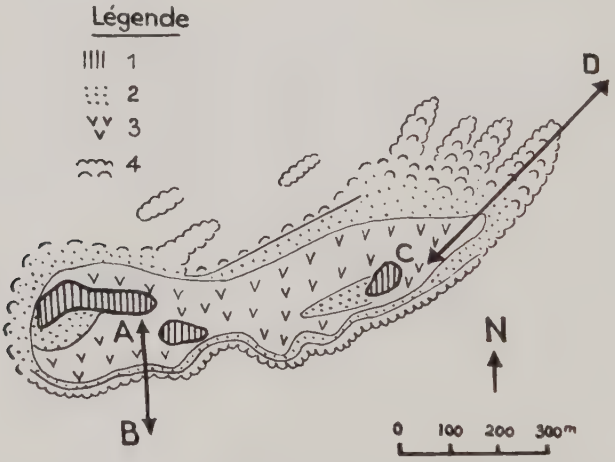


Fig. 10. — Le grand récif d'Andassy-Bé.
1 : Platier rocheux. 2 : Bordure de sable sans végétation et amas coquilliers sous le vent des platiers. 3 : Herbier à Cymodocées. 4 : Bordure de corail vivant.

fonds de 10 à 15 mètres, émergent à peine aux plus grandes basses mers, ou le plus souvent demeurent immergés sous une pellicule de quelques dizaines de centimètres d'eau. Il en existe une vingtaine dans l'ensemble de la baie, qui y rendent la navigation assez dangereuse.

Le grand récif d'Andassy Be (fig. 10).

Ce récif, situé au fond de la baie d'Andassy Bé, mesure 1.300 mètres de longueur du sud-ouest au nord-est, et environ 300 mètres de lar-

geur maxima. La partie centrale, qui apparaît en blanc sur la photographie aérienne, est constituée par deux vastes platiers de grès secondaires arasés. La partie sud-est est composée de plusieurs éperons coralliens dirigés face à la houle dominante. Nous avons étudié ce récif en deux endroits : sur sa bordure méridionale, selon la coupe AB de la figure 10, et en suivant l'un des éperons de sa partie sud-est, selon la coupe CD de la même figure.

Coupe AB (fig. 11). — Dans cette partie du récif on rencontre, en allant du platier rocheux vers la bordure, la zonation suivante :

1° Un herbier, qui occupe toute la partie centrale du récif, sur un sable contenant de nombreux débris de lamellibranches. Il apparaît en gris tacheté sur la photographie aérienne, et affleure entièrement aux plus grandes basses mers.

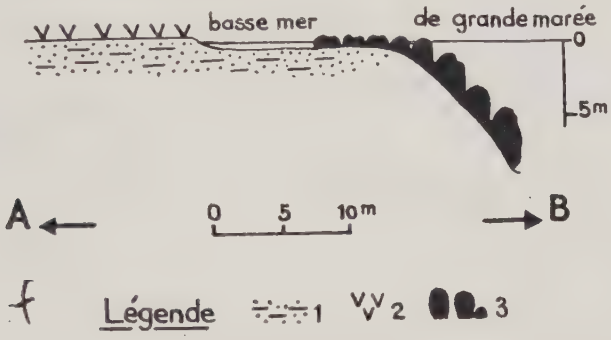


Fig. 11. — Coupe selon A B de la fig. 10 à travers le grand récif d'Andassy-Bé. 1 : Sable et gravillon corallien. 2 : Herbier. 3 : Coraux vivants.

2° Une frange étroite et continue de sable nu, légèrement en contrebas de l'herbier. Cet élément de la zonation a une largeur très constante d'une dizaine de mètres. Il apparaît sur la photographie aérienne sous la forme d'un liseré blanc caractéristique.

3° Une bordure continue de corail vivant, en saillie de 20 à 50 centimètres par rapport à la frange de sable nu, et large de quelques mètres seulement. Cette bordure est entièrement constituée par des madrépores d'espèces massives formant des microatolls, qui émergent de 10 à 20 centimètres aux plus grandes basses mers.

4° Vers l'extérieur, la retombée est brutale sur des fonds de 8 mètres. Nous avons mesuré 7,5 mètres de profondeur à 9 mètres de la bordure de microatolls. Jusqu'à 3 ou 4 mètres de profondeur (la turbidité de l'eau ne permettant pas l'observation au-delà) la retombée extérieure du récif est entièrement constituée par de grosses boules de corail en revêtement continu, avec de place en place de petits encorbellements.

Coupe CD (fig. 12). — Cette coupe, qui suit l'axe de l'une des digitations dirigées face à la houle, dans la partie sud-est du récif, montre la zonation suivante :

1° En avant du platier de roche en place, un vaste herbier qui émerge aux grandes basses mers.

2° En avant de l'herbier, une étendue de sable portant des têtes isolées de corail. A proximité de l'herbier, la densité des têtes de corail est très faible. Elle augmente au fur et à mesure qu'on s'en éloigne, en allant vers la pointe de l'éperon. Tout à fait à la pointe, de gros massifs de corail en boules occupent environ la moitié de la surface du fond, à 1 mètre environ au-dessous du niveau des basses mers de grande marée. Entre les massifs, il demeure d'assez vastes taches de sable. La turbidité de l'eau n'a pas permis, même avec masque, de faire des observations au-dessous de moins 3 mètres de profondeur.

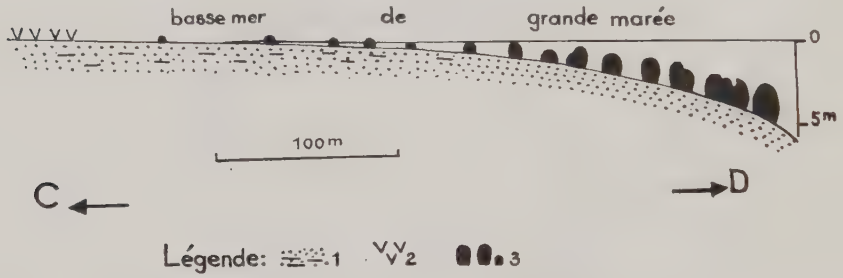


Fig. 12. — Coupe selon C D de la fig. 10 à travers le grand récif d'Andassy-Bé. 1 : Sable et gravillon corallien. 2 : Herbier. 3 : Coraux vivants.

Les récifs A, B et C de la baie d'Andassy Be.

Ces trois récifs sont situés au sud du grand récif que nous venons de décrire. Leur forme d'ensemble est celle de lobes allongés face à la houle dominante. Une coupe à l'extrémité du récif B montre la zonation suivante, de l'intérieur vers l'extérieur :

1° Un herbier central à Cymodocées, qui apparaît en gris tacheté de noir sur la photographie aérienne. On remarque au milieu de cet herbier la présence de rares têtes de corail de très petite taille.

2° Une frange de sable absolument nu sur une largeur de 5 à 15 mètres, semblable à celle de la coupe A du grand récif, qui apparaît en blanc sur la photographie aérienne.

3° Une pente sableuse convexe, d'abord à peine marquée, puis atteignant 20 à 30 degrés, couverte par des têtes isolées de corail de plus en plus grosses et serrées au fur et à mesure que la profondeur augmente.

L'un des caractères les plus intéressants de cette morphologie récifale est la conservation de vides de la construction corallienne entre les différents éperons et lobes croissant face à la houle. Entre les récifs A, B et C, des vides ont l'aspect de couloirs étroits et profonds. Nous avons mesuré une cote moins 5 entre les récifs A et B. L'élargissement des lobes à leur extrémité tend à transformer en inclusions ces vides de la construction corallienne entre deux lobes voisins. Des formes et des zonations de récifs semblables à celles que nous venons de décrire existent dans la baie d'Ampanorolaibe, entre la pointe de Marolay et l'île Verte.

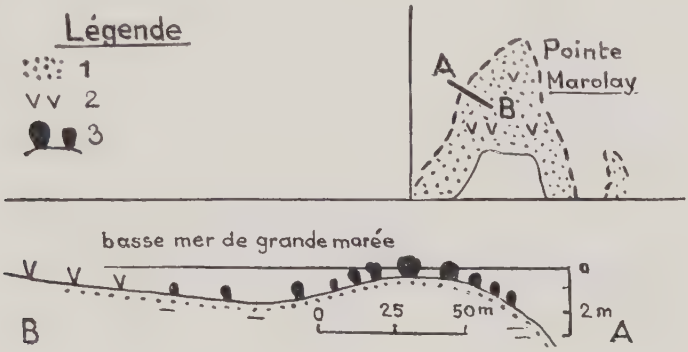


Fig. 13. — Coupe A B à travers le récif de la pointe de Marolay d'après A. Guilcher (1956).
1 : Sable. 2 : Herbier. 3 : Coraux vivants.

Le récif d'Amboaboaka

Ce récif présente une zonation sensiblement identique à celle du récif de Marolay, décrite par A Guilcher (1956).

A la limite de visibilité (environ 3 mètres de profondeur) on voit apparaître de gros massifs de corail, qui couvrent environ les 3/4 de la surface du fond, le dernier quart étant constitué par des plaquages de sable grossier. Certaines têtes viennent à fleur d'eau aux grandes basses mers. Lorsque l'on se dirige vers la terre, il y a une légère redescente, avec têtes de corail de plus en plus rares et de plus en plus petites. On passe ensuite à un herbier qui s'étend jusqu'au platier rocheux qui précède la falaise.

Les bancs coralliens de petite taille isolés au milieu de la baie

En dehors des grands platiers sableux à bordure corallienne qui précèdent la ligne de rivage, il existe dans la baie un grand nombre de

bancs coralliens de petite taille complètement isolés, posés sur des fonds de sable ou de vase entre moins 8 et moins 15 mètres. Nous avons désigné par les lettres D à T la plupart de ces bancs. Leur forme est généralement ronde ou ovale. Ils mesurent dans leur plus grande dimension entre une cinquantaine de mètres pour les plus petits (bancs E, O, N, S, etc...) et 200 mètres pour les plus grands (bancs F, M, R, etc...). Lorsque nous avons visité la baie par marée basse de 0,6 mètre, aucun de ces bancs n'émergeait. Dans la plupart des cas, les têtes de corail les plus élevées restaient immergées sous 1 mètre d'eau au moins.

La morphologie et la genèse de ces bancs sont extrêmement curieuses. Il ne s'agit dans aucun cas de « pinacles » entièrement constitués par du corail, et aux parois subverticales, du genre de ceux que nous décrirons à Nosy Bé. La plupart des bancs que nous avons vus sont constitués surtout par du sable. Des têtes de corail isolées existent en peuplements plus ou moins serrés au sommet du

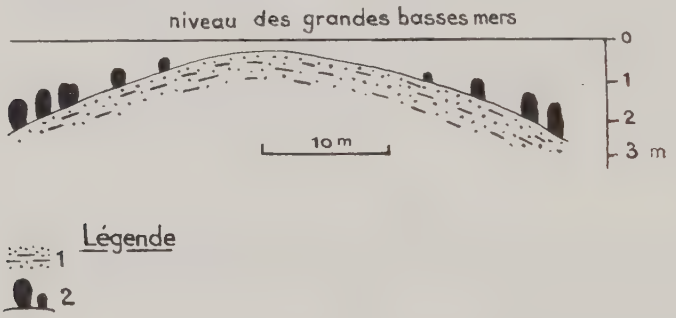


Fig. 14. — Le banc F. de la Baie d'Ambavatoby. Coupe transversale.
1 : Sable corallien. 2 : Coraux vivants.

banc, posées sur le fond de sable. La pente sableuse extérieure n'excède pas 20 à 30 degrés, et montre une densité croissante des têtes de corail au fur et à mesure que la profondeur augmente. Il arrive que la partie la plus haute du banc ne montre que du sable nu, sans têtes de corail et sans herbier (récif Dalrymple de la carte marine 5241, ou récif F du croquis morphologique), les têtes de corail n'apparaissant que sur la pente sableuse externe (fig. 14). En dehors de la baie d'Androfiable, les coraux qui poussent sur les bancs sont rarement de formes ramifiées, mais presque toujours de formes massives, en microatolls ou en choux-fleurs. Dans la baie d'Androfiabe, le revêtement des bancs est en majeure partie constitué par des espèces sans squelette calcaire (corail mou). Le récif K, situé en face de Madirokely, est tapissé par du corail mou qui couvre entre la moitié et les trois quarts de la surface du fond. Par marée de 0,6 mètre, on pouvait voir

les branches osciller toutes ensemble avec la houle, à 1 mètre au-dessous du plan d'eau de basse-mer. Dans l'ensemble de la baie d'Androfiabe, la turbidité était telle que la visibilité n'excédait en aucun cas 2 mètres de profondeur. Les observations n'ont donc porté que sur la partie tout à fait supérieure des récifs.

On peut poser le problème de la genèse de ces bancs coralliens. L'hypothèse d'une croissance à partir d'un socle précorallien (morceau de platier ou écueil immergés) semble devoir être exclue dans la plupart des cas, du fait de la taille assez constante et de la forme des bancs. Il ne semble pas d'autre part que l'accumulation sableuse soit antérieure au peuplement corallien ; aucune raison dynamique ne permet d'expliquer la formation de bancs aux emplacements où on les observe. Il est beaucoup plus probable que la croissance du corail sur le fond de la baie est à l'origine de la naissance des formes décrites, sans qu'il y ait eu un socle préexistant (écueil ou banc de sable). La croissance du récif s'est faite, pour les récifs les plus évolués, jusqu'un peu au-dessous du niveau des plus basses mers, les nouvelles têtes de corail poussant sur les débris des anciennes. La nature du sable des bancs confirme cette explication. Ce sable contient en effet peu ou pas d'éléments siliceux. Il est constitué presque entièrement par des débris calcaires provenant de la destruction sur place du corail, et par des coquilles entières ou brisées de lamellibranches. Il existe une fraction vaseuse assez importante, qui s'explique par la forte turbidité de l'eau de mer dans la baie, qui contient en permanence en suspension une certaine quantité de particules, du calibre des poudres et précolloïdes.

III — LES ILES ET LES RÉCIFS DE L'EXTRÉMITÉ DE LA PRESQU'ILE D'AMPASINDAVA

1° Le récif de Madiro (fig. 15)

De part et d'autre du goulet d'entrée de la baie d'Ambavatoby s'étendent de beaux platiers coralliens, face à la houle de haute mer. Le platier à l'ouest du goulet présente son développement maximum de part et d'autre de la pointe d'Angadoka. A l'est du goulet, un autre platier au moins aussi beau s'étend en face de Madiro, d'Ambahivahibé et d'Anora, sans interruption jusqu'à la pointe d'Ampohana. C'est ce second platier que nous avons étudié en face du village de Madiro, où sa largeur est d'environ 500 mètres. La zonation est la suivante, en allant de la mer vers la terre :

a) *La bordure externe du récif.* Elle montre sur une largeur d'environ 50 mètres, un grand nombre de gros massifs et de pinacles de corail vivant, constitués surtout par des espèces en boules, qui vien-

nent à fleur d'eau aux grandes basses mers. Des fonds de sable entre moins 10 et moins 12 mètres précèdent immédiatement vers le large ce bioherme corallien externe.

b) *La levée détritique* est constituée par quelques têtes de nègres, mais surtout par des traînées de ramures brisées de corail, disposées perpendiculairement à la houle, et qui viennent en recouvrement par-dessus l'herbier à Cymodocées. La levée apparaît nettement en blanc sur la photographie aérienne (N° 017-094) soit sous la forme d'une ligne brisée, soit sous celle de traînées perpendiculaires à la bordure du récif.

c) *L'herbier à Cymodocées* s'étend sur une largeur de 200 à 300 mètres selon les endroits. C'est donc la zone la plus large du récif. L'ensemble de l'herbier se trouve nettement en contre-bas des parties les plus élevées de la levée détritique externe. Par marée de 0,6 mètre, les vagues commencent à déferler sur la levée deux heures environ avant la basse mer. Lorsque les premières têtes de nègres émergent, il y a encore 1,2 mètres d'eau sur certaines parties de l'herbier. Cet ensellement en arrière de la levée détritique peut être considéré comme une ébauche de chenal d'embarcations.

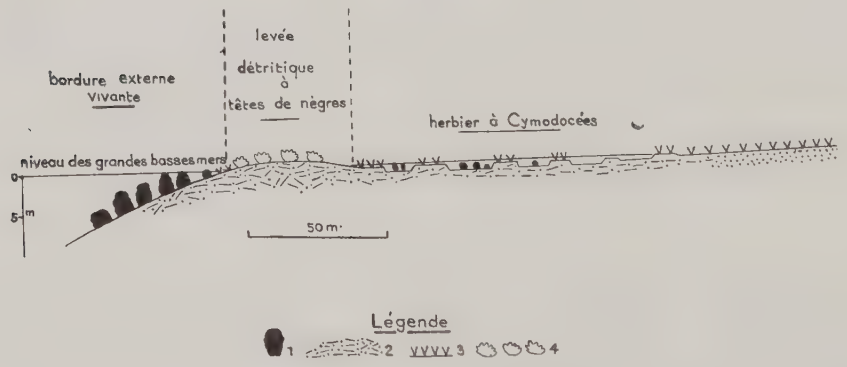


Fig. 15. — Coupe transversale du récif de Madiro.
1 : Corail vivant sur la bordure externe du récif et dans les mares. 2 : Sable et gravier corallien. 3 : Herbier à Cymodocées. 4 : Têtes de nègres.

2° Nosy Ankazoberavina

Cette île mesure 800 mètres de plus grande dimension et culmine à 64 mètres. Elle est constituée par du basalte et de la bostonite quartzique. Sa forme générale est celle d'un T, dont le pied serait tourné vers le sud-ouest. Nous avons examiné les abords de cette île

entre la haute mer et la mi-marée, et par fort varatraz, c'est-à-dire dans les plus mauvaises conditions. Nous avons toutefois pu constater l'absence de récif corallien sur les faces nord et nord-est de l'île. Des formes de colmatage existent au nord-ouest et au sud-est de l'île, dans les deux angles du T. Sur ces deux faces, il existe une haute plage de sable et de galets de basalte, la plus belle étant celle du nord-ouest de l'île. En avant de la haute plage s'étendent de petits herbiers qui découvrent probablement aux grandes basses mers, et quelques massifs de corail vivant, surtout constitués par des formes branchues.

3° Nosy Antsoha

Cette île, longue de 300 mètres, culmine à 59 mètres. La carte géologique de Nosy Bé au 1/200.000e indique qu'elle est constituée par des sédiments du jurassique moyen et du lias supérieur. En réalité nous n'y avons récolté que du basalte, semblable d'aspect à celui de Nosy Ankazoberavina.

Comme Ankazoberavina, cette île est caractérisée par l'absence de récif corallien sur la face au vent. Sur la face sud-est il existe une belle accumulation sableuse sous le vent, constituée par une petite plage de sable et par une levée de forme triangulaire submersible à marée haute.

4° Nosy Kivongy

Nosy Kivongy est un magnifique exemple de neck syénitique intrusif, dégagé du sédimentaire liasique et jurassique moyen à facies mixte par érosion différentielle. Sa forme générale est celle d'un culot d'obus, d'environ 80 mètres de diamètre à la base, et de 108 mètres de hauteur, qui se dresse d'un seul jet au-dessus de la surface de la mer. Elle est pratiquement impossible à gravir, et très difficilement abordable. Immédiatement au pied de la muraille rocheuse, on mesure des profondeurs de 18 à 22 mètres. Cette île est l'un des cas les plus typiques d'île privée de toute ceinture coraelienne. Cette absence s'explique sans aucun doute par l'impossibilité pour les colonies de madréporaires de s'installer sur une pente précorallienne aussi forte (environ 45 degrés sur la face occidentale de l'île, entre le zéro et la cote moins 22 mètres).

Un autre caractère intéressant est l'existence d'une gorge très nette un peu au-dessous du niveau des hautes mers moyennes, créant un encorbellement bien marqué surtout sur la face orientale de l'île. Nosy Kivongy présente une grande ressemblance, sur ce point, avec les quatre necks dits « les Quatre-Frères », situés à l'extrémité sud-ouest de l'archipel des Mitsio. Nosy Betalinjona et Nosy Behangovo montrent dans la zone intertidale une gorge encore plus nette que celle

qui existe à Nosy Kivongy, avec un encorbellement de plusieurs mètres. Il n'existe dans aucun cas de galets à proximité de la gorge. L'hypothèse la plus vraisemblable est celle d'une formation par corrosion.

IV — LE LITTORAL OCCIDENTAL DE LA BAIE D'AMPASINDAVA (fig. 16)

Ce littoral, long de 35 kilomètres à vol d'oiseau, depuis la pointe d'Ampohana jusqu'à la pointe d'Ambodimadiro, est très accore, avec de fausses falaises atteignant fréquemment une centaine de mètres de hauteur, et par endroits des sommets de plus de 350 mètres à moins d'1,5 kilomètre de la ligne de rivage (entre la baie d'Andranira et la rivière Jangoa). La morphologie de rias est surtout caractéristique au nord du cap Makamby. Les baies de Maropango et de Kongony (fig. 17) sont de très belles rias résultant de l'ennoiement par la mer des basses vallées des rivières du même nom ; elles sont une réplique, à une échelle plus réduite, de la baie d'Ambavatoby. Au sud de la pointe d'Anjanozano la régularisation de la ligne de rivage est plus avancée ; la plupart des basses vallées, ennoyées par la mer, sont occupées par de vastes mangroves et parfois barrées par des cordons sableux.

Dans l'ensemble, ce littoral subit l'action de deux systèmes de houle principaux. La houle dominante est la houle de haute mer, venant du nord, qui se fait du nord vers le sud, c'est-à-dire vers le fond de la baie. L'étude de détail des formes de colmatage littoral permettra de mettre en évidence le rôle morphologique prédominant de ce système de houle. La houle du secteur sud-sud-est à sud-est, due au varatraz, a un fetch beaucoup plus réduit que la houle de haute mer. Dans le nord de la baie d'Ampasindava son fetch est d'une trentaine de kilomètres. Mais il se réduit de plus en plus au fur et à mesure que l'on va vers le fond de la baie, pour n'être plus que d'une quinzaine de kilomètres à la pointe d'Ampasimena, et de quelques kilomètres seulement à Ampasimbitika. Il faut enfin signaler un autre vent qui joue un certain rôle dans le fond de la baie d'Ampasindava : l'angatimo, qui souffle du sud, par la trouée entre le massif du Manongarivo et le massif de l'Anketsabe. La houle formée par ce vent a un fetch très réduit, mais peut exercer une certaine action morphologique ; l'angotimo soulève en effet rapidement la mer en vagues dures et courtes.

La turbidité de l'eau de mer augmente vers le fond de la baie. Le sens général de la dérive littorale tend, ainsi que nous le signalerons à nouveau en étudiant le delta du Sambirano, à repousser les eaux troubles d'origine fluviale vers le fond de la baie. A Nosy Mamoko les

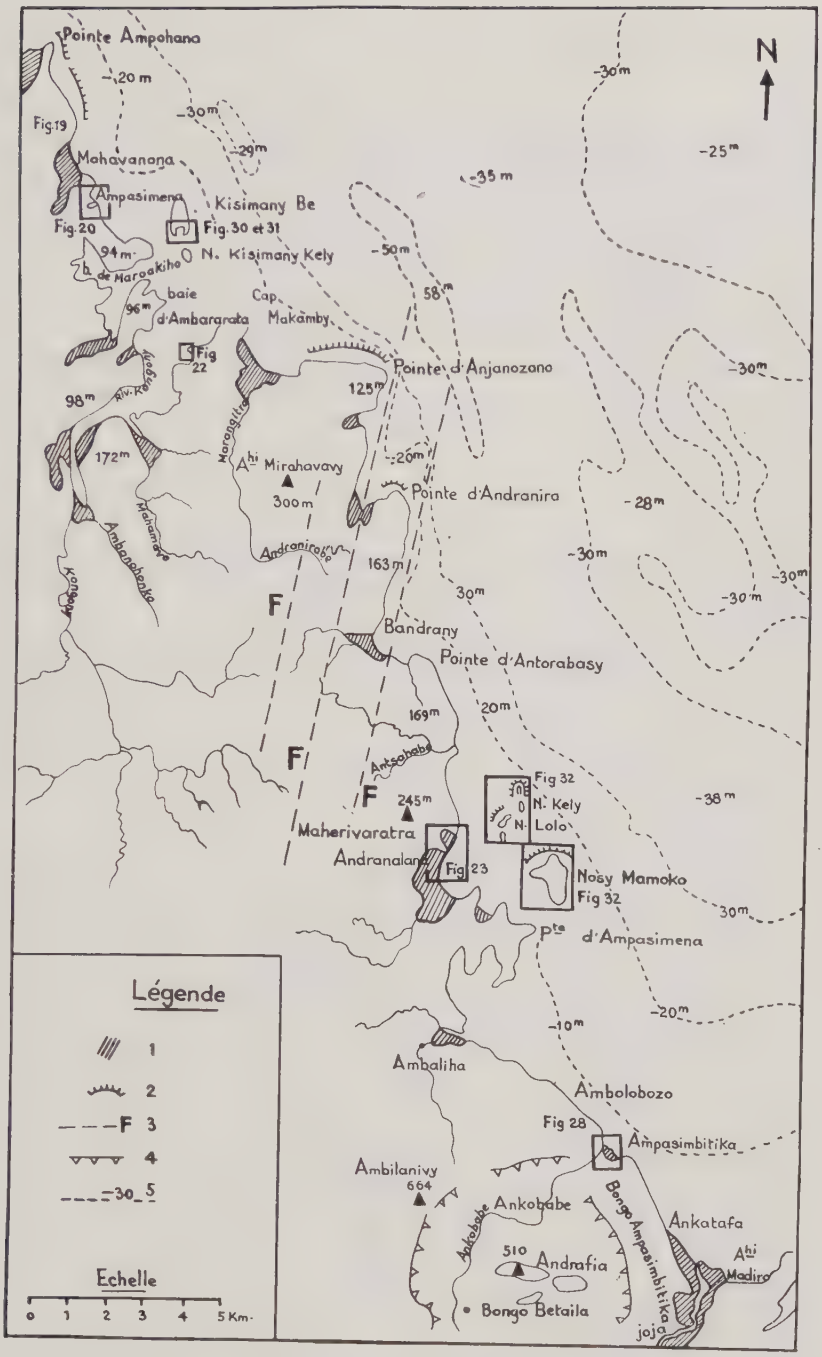


Fig. 16. — Croquis général de la côte orientale de la péninsule d'Ampasindava. Les rectangles localisent les principales figures.
1 : Colmatage flandrien. 2 : Bordure externe des principaux récifs coralliens. 3 : Faille probable. 4 : Circonvallation du massif à dépression annulaire d'Ankobabe-Ampasimbitika. 5 : Courbe bathymétrique.

eaux sont encore relativement claires. Mais en face d'Ampasimbitika et d'Ambodimadiro, au mois de mai, donc déjà au début de la saison sèche, et sans qu'il y ait eu de tempête les jours précédents, la visibilité était réduite à 1 ou 2 mètres à 1 kilomètre de la ligne de rivage. Il est probable qu'un bouchon vaseux demeure durant la saison des pluies, et probablement plusieurs mois de la saison sèche, dans cette partie de la baie. Cela n'est sans doute pas sans rapports avec l'état plus avancé des phénomènes de colmatage littoral dans la partie tout à fait interne de la baie ; la plus grande quantité de particules en suspension du calibre des poudres et précolloïdes y permet en effet selon toute vraisemblance un engraissement plus rapide des vasières.

1° Le littoral entre Anora et Ambaliha

Le complexe gréso-schisteux du Lias et du Jurassique moyen à faciès mixte constitue ici, comme dans la baie d'Ambavatoby, l'essentiel du matériel géologique le long du littoral.

Le dessin général de la ligne de rivage est déterminé, ainsi que pour toutes les côtes de submersion, par le relief préflandrien ennoyé, qui résulte lui-même en partie de la structure tectonique et lithologique.

Dans un premier secteur de côte, entre Anora et le cap Makamby, on se trouve en présence d'un relief ennoyé de cuestas. Le pendage général des terrains sédimentaires est vers l'E.N.E.

Une première cuesta suit l'alignement Nosy Kisimany Be, Nosy Kisimany Kely, et Cap Makamby. La baie d'Ambararata résulte de l'ennoiement de la dépression subséquente en avant du front de cuesta. Les reliefs de la pointe du Rocher, de la pointe Boisée, et des hauteurs d'Andohankary se trouvent dans le prolongement méridional de la grande cuesta d'Ambavatoby. L'élargissement interne de la baie de Maropapango, en arrière du goulet d'entrée, et une partie de la baie de Kivongy correspondent à l'envahissement d'une seconde dépression subséquente en avant du front de la cuesta d'Ambavatoby.

Plus au Sud, le secteur de littoral compris entre le Cap Makamby et Marokibany est un bel exemple de côte à redans tectoniques. Les deux redans d'Anjanozano et d'Andranira sont déterminés par des cassures tectoniques de direction sud-sud-ouest — nord-nord-est. Les sections rectilignes entre la pointe d'Anjanozano et la baie d'Andranira d'une part, et entre la pointe d'Andranira et la baie de Bandrany d'autre part, suivent sensiblement le tracé de deux de ces cassures, qui se prolongent vers le sud-sud-ouest à l'intérieur des terres où elles déterminent des alignements hydrographiques. Il existe une autre faille visible dans la falaise marine à la pointe d'Antorobasy : il est probable que la forme générale en redans de cette pointe résulte aussi d'un découpage par failles.

La disposition en redans successifs se retrouve dans le tracé des courbes bathymétriques de moins 10 et moins 20 mètres. En avant des secteurs de côte sud-sud-ouest — nord-nord-est, qui suivent les lignes de fracture, la retombée sur les fonds de 20 mètres et plus est

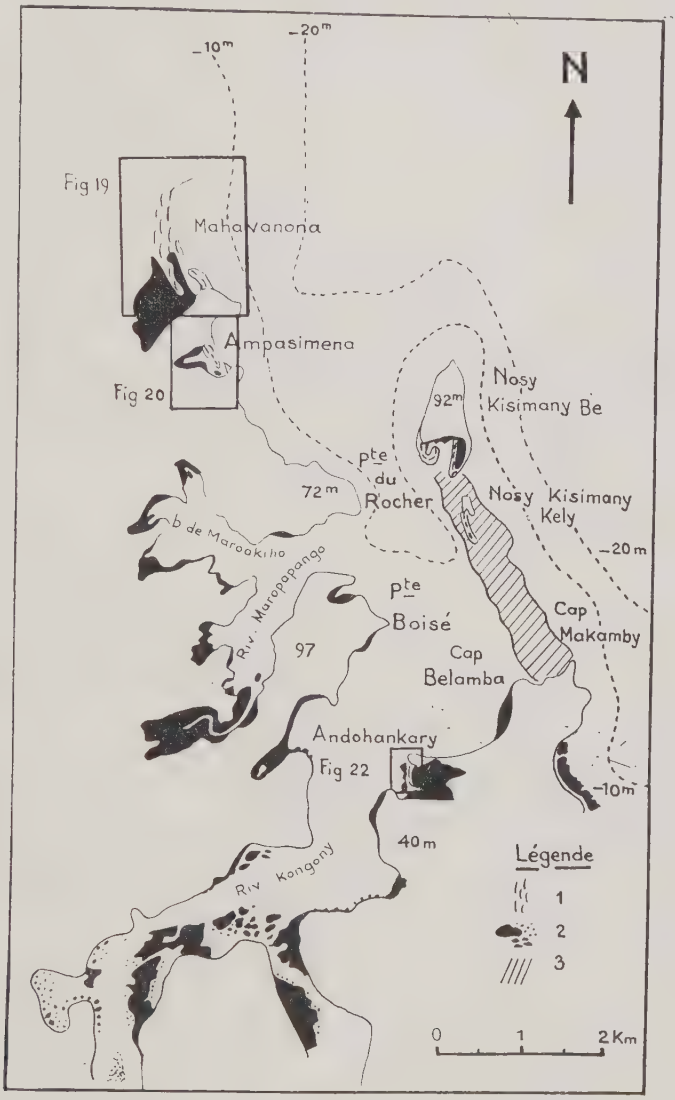


Fig. 17. — Carte d'ensemble du littoral entre le cap Makamby et Mahavanona. Les rias de Maroakiho, Maropapango, et de la rivière Kongony (Baie d'Ambararata).
1 : Principales accumulations détritiques. 2 : Mangroves. 3 : Platier rocheux.

très rapide. Au Sud de la pointe d'Andranira on trouve des fonds de 20 mètres à 150 mètres seulement du pied de la falaise rocheuse, et à l'est de la pointe d'Anjanozano, à une centaine de mètres à peine du rivage. En avant des secteurs de côte faisant face au nord, on observe une descente beaucoup moins rapide vers les fonds d'une vingtaine de mètres.

Entre Marokibany et la baie d'Andranira le tracé de la ligne de rivage est à nouveau déterminé par l'existence d'un relief de cuestas ennoyé. Les terrains sédimentaires sont plus disloqués que dans le nord de la péninsule d'Ampasindava, mais gardent dans l'ensemble un pendage général vers l'est-nord-est. Des élements de relief monoclinaux servent de support aux formes de colmatage littoral aux environs d'Andranalana (fig. 23). La forme tout à fait particulière de la péninsule d'Ampasimena s'explique de la même manière. La péninsule est traversée par deux sections de cuestas, qui constituent les parties saillantes du tracé de la ligne de rivage et les points hauts à l'intérieur de la péninsule. Les dépressions subséquentes ont été envahies par la mer, donnant des petites baies dont le fond est occupé par la mangrove. On retrouve la même structure dans les îles Ambariotelo, que nous décrirons en détail dans un autre chapître.

A. — **Les récifs coralliens.**

La plupart des récifs coralliens de la partie occidentale de la baie d'Ampasindava n'ont été vus que superficiellement, certains en dehors d'une période de grande marée, d'autres après ou avant la basse mer. A l'exception du récif nord de Nosy Mamoko, que nous étudierons dans un autre chapitre, nous ne pouvons donc donner une description complète et précise de ces récifs, mais seulement quelques indications fragmentaires. D'une manière générale, les colonies de madréporaires deviennent de moins en moins belles au fur et à mesure que l'on pénètre plus avant vers le fond de la baie d'Ampasindava.

Tout à fait au nord, le large platier corallien qui ceinture la pointe d'Ampohana, présente une zonation transversale identique à celle du récif de Madiro, décrite dans un précédent chapître.

La face nord de la pointe du Rocher, en face des Kisimany, porte un petit récif, avec une frange interne d'herbier, et un rebord externe abrupt tapissé de massifs de corail vivant qui dominent des fonds de 10 à 15 mètres.

Dans les baies de Maropapango et de Kongony nous n'avons pas retrouvé la richesse de formes coralliennes de la baie d'Ambavatoby. Il est vrai que l'observation était rendue difficile par la turbidité extrême de l'eau, qui limitait généralement la visibilité à 1 ou 2 mètres.

Deux petits platiers coralliens existent aussi sur la côte septentrionale des redans tectoniques d'Anjanozano et d'Andranira, face à la houle de haute mer. Le récif d'Anjanozano, qui est le mieux développé, atteint 300 mètres de largeur maxima et s'étend sur 2 kilomètres le long du rivage à l'est de la pointe. Nous y avons observé l'existence d'un assez vaste herbier qui assèche probablement aux grandes basses mers. Un fort varatraz ne nous a pas permis d'étudier la bordure corallienne externe. Le récif d'Andranira, dont l'exposition est identique, est de taille beaucoup plus réduite. La raideur excessive du relief précorallien et aussi l'exposition de biais à la houle dominante expliquent l'absence totale de récifs sur les faces orientales de ces deux redans.

A partir de la pointe d'Andranira, et en allant vers le sud, il semble qu'il n'y ait plus de véritables platiers coralliens (à l'exception du récif nord de Nosy Mamoko). Dans les endroits où nous avons eu l'occasion d'approcher la ligne de rivage ou d'aborder (entre la pointe d'Antorobasy et Marokibany, à la pointe d'Ampasimena, àAmboloboso et Ampasimbitika), nous avons observé seulement à marée basse l'existence d'une frange étroite de têtes de coraux vivants, sur fond de roche ou de sable, aux environs du niveau des plus basses mers ou un peu au-dessous. La grande quantité de particules en suspension dans l'eau de mer rendait pratiquement impossible l'observation de ces colonies éparses et peu importantes de madréporaires, qui disparaissent complètement en face des grandes baies et de l'embouchure des principales rivières.

B. — **Les cordons littoraux.**

Les matériaux constituant les cordons ont été étudiés généralement dans la partie supérieure des accumulations, aux environs du niveau des hautes mers moyennes. Les matériaux de la taille des sables moyens et fins (entre 0,5 mm et 0,02 mm) sont les plus fréquents. Quelques rares accumulations sont constituées en partie par des blocs ou des galets, généralement de plus de 5 centimètres de grande dimension. On remarque la rareté des matériaux de taille intermédiaire, comprise entre 0,5 mm et 50 mm (sables grossiers, granules et graviers).

Les matériaux grossiers de la taille des galets et blocs selon la classification de J. Bourcart, proviennent en majeure partie du Lias et du Jurassique moyen à faciès mixte (à l'exception de quelques roches de filons). Ce sont essentiellement des schistes et des grés qui se débitent en plaquettes ou en aiguilles. Leur façonnement par la mer est généralement peu marqué. La médiane de la dissymétrie pour la queue sous le vent de Nosy Lolo est de 670, et l'enracinement du

cordon d'Andranalana de 643 (mesures effectuées sur 100 cailloux). On voit que le chiffre de cet indice dans les deux cas est supérieur à 600, ce qui indique une faible usure marine.

On peut ranger les accumulations en deux types principaux : les grèves accrochées à la roche en place à leurs deux extrémités, et les flèches à pointe libre subparallèles à la côte. Des accumulations sous le vent seront ultérieurement décrites dans les chapitres consacrés aux îles Kisimany et Ambariotelo.

a) *Les grèves accrochées à la roche en place à leurs deux extrémités.*

C'est la forme que l'on rencontre le plus fréquemment dans le fond des petites baies entre deux promontoires rocheux. Dans cette catégorie entrent les accumulations d'Anora, de Mahavanona, d'Ampasimena, de Belamba, d'Antsamotsamo, de Marokibany et d'Amparafotaka. Suivant la loi établie par Lewis et par Schou, les grèves de ce type sont en gros perpendiculaires à la houle dominante .On ne possède malheureusement pas pour cette partie de la baie d'Ampasindava les données anémométriques qui permettraient d'entreprendre l'étude précise de l'adaptation de l'orientation des grèves à celles des forces formatrices.

Les grands traits de la morphologie des accumulations de ce type sont très constants, malgré une infinie variété dans le détail. En arrière des cordons sableux parallèles, généralement couverts de cocotiers, il existe presque toujours une ou plusieurs dépressions, soit en sillons, soit dans des angles morts du colmatage littoral, occupés par une mangrove interne. La desserte en eau de mer de cette mangrove se fait par d'étroites interruptions du cordon sableux. En plus de leur rôle de desserte des mangroves internes ces interruptions du cordon peuvent servir aussi en saison des pluies de déversoirs au trop plein des eaux de ruissellement provenant des pentes voisines. En face du débouché des principaux exutoires de mangrove interne, il existe presque toujours un delta d'estran sableux dont la taille est proportionnelle à la surface en palétuviers à desservir en eau de mer.

Nous avons étudié en détail trois anses possédant des accumulations de ce type morphologique : Ampohana, Ampasimena et Mahavanona.

Ampohana (fig. 18). — L'accumulation d'Ampohana s'étend d'est en ouest sur un peu plus de 1,5 kilomètre de longueur, à l'ouest de la pointe d'Ampohana. L'axe de l'accumulation, que l'on peut déterminer à la boussole en se plaçant au centre de la grève, est dirigé vers le nord-nord-ouest, direction qui est à la fois celle du vent dominant (la grève est masquée en effet du varatraz par la pointe d'Ampohana) et celle du plus grand fetch. La partie sableuse insubmersible, en

partie couverte de cocotiers, large de 400 mètres environ dans l'axe de l'accumulation, est constituée par un grand nombre de crêtes et de sillons parallèles disposés en arcs de cercle entre les promontoires rocheux qui délimitent l'anse. Les crêtes et les sillons externes, qui sont les plus récents, sont les seuls à être reconnaissables. La dénivellation entre le sommet d'une crête et le fond d'un sillon n'excède pas quelques dizaines de centimètres. Les cocotiers s'alignent cependant de préférence au sommet des crêtes. Autour du village et dans les parties internes de l'accumulation, plus anciennes, cette morphologie est rendue méconnaissable.

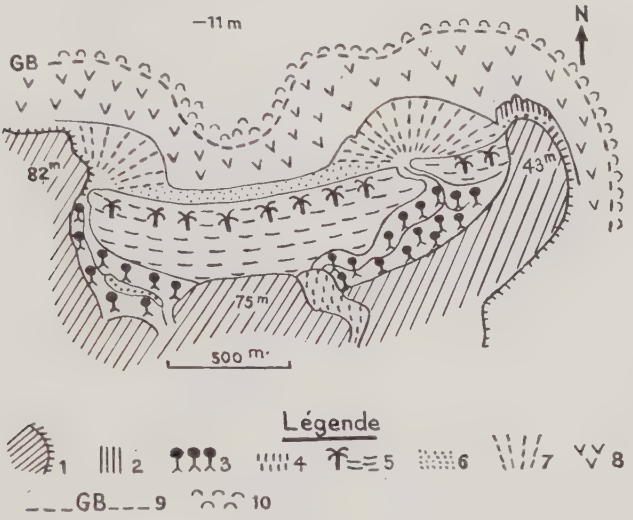


Fig. 18. — Morphologie de l'accumulation sableuse d'Ampohana.
1 : Collines latéritiques et falaise marine. 2 : Platier rocheux. 3 : Palétuviers. 4 : Vase nue dans la zone de la mangrove. 5 : Cordons sableux avec cocotiers. 6 : Haute plage de sable. 7 : Delta de marée sableux en face des passes. 8 : Platier corallien. 9 : Laisse des basses-mers de grande marée. 10 : Bordure externe de corail vivant.

En arrière du cordon sableux s'étendent deux dépressions marécageuses distinctes, couvrant environ 15 hectares chacune, en majeure partie occupées par des palétuviers. Y aboutissent plusieurs ruisseaux descendant du revers de la cuesta d'Ambavatoby. Chacune de ces mangroves internes a son propre exutoire. La mangrove occidentale a un exutoire latéral (nous désignons ainsi les exutoires placés sur le côté des anses, entre une extrémité du cordon sableux et le promontoire rocheux). La mangrove orientale a au contraire un exutoire central, (qui coupe en deux le cordon sableux). La passe est sinueuse ainsi que cela est fréquent pour les exutoires de ce type.

En face de chaque exutoire s'étale sur l'estran un delta sableux que l'on peut qualifier de delta de marée, puisqu'il est formé par le courant salé qui sort au jusant de la mangrove interne. Ces deux deltas d'estran ou de marée sont de taille sensiblement identique, comme les mangroves en face desquelles ils se trouvent. Ils sont bien visibles sur la photographie aérienne (photographie nº 017-094). Sur la photo-

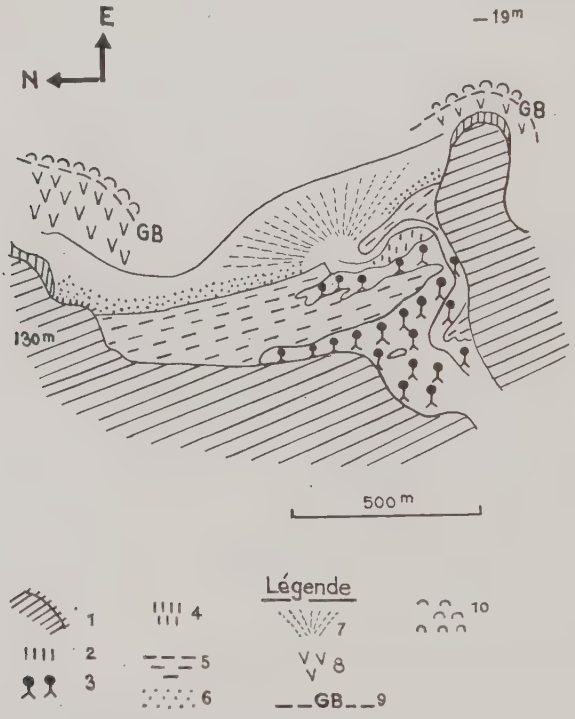


Fig. 19. — Morphologie de l'anse de Mahavanona.
1 : Collines latéritiques et falaise marine. 2 : Platier rocheux. 3 : Palétuviers. 4 : Vase et sable vaseux nus dans la zone de la mangrove. 5 : Cordons sableux. 6 : Haute plage de sable. 7 : Delta sableux de marée. 8 : Platier corallien. 9 : Laisse des basses mers de grande marée. 10 : Bordure externe de corail vivant.

graphie ils se marquent par un élargissement considérable de la bande blanche qui correspond à la haute plage sableuse, et tranchent sur la teinte plus sombre de la prairie à Cymodocées, aux dépens de laquelle ils s'étendent largement. Alors que la pente moyenne de la grève sableuse est ailleurs d'environ 5% (jusqu'à 23% dans la partie supérieure de la haute plage), dans l'axe du delta de marée cette pente moyenne se réduit à moins de 1% (mesures effectuées sur le delta de marée oriental).

Mahavonona (fig. 19). — Cette accumulation sableuse est du type à mangrove interne unique et à un seul exutoire central. Les parties insubmersibles, couvertes de cocotiers, du cordon sableux, sont disposées à la manière de pouliers en chicane, mais cette disposition ne justifie pas la création d'une catégorie spéciale : la grève garde en effet dans son ensemble une forme générale régulièrement arquée entre les deux promontoires rocheux qui délimitent l'anse.

Il existe ici aussi en face de l'exutoire de la mangrove interne un vaste delta de marée sableux, qui s'étale sur environ 300 mètres de largeur et 600 de longueur.

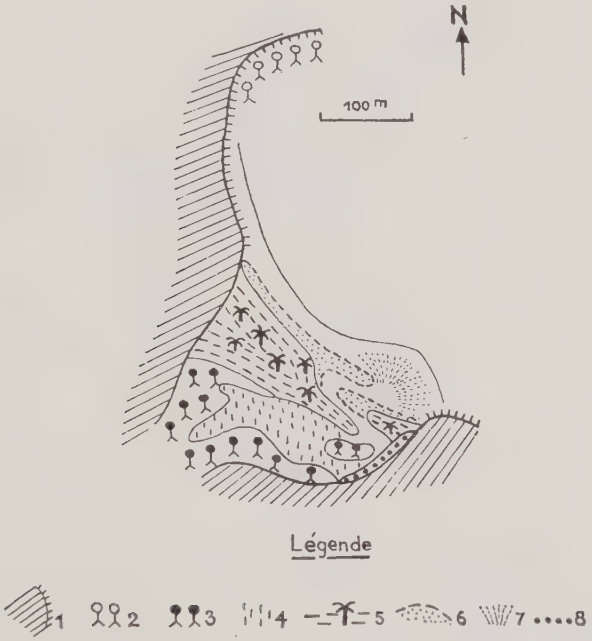


Fig. 20. — Morphologie de l'anse d'Ampasimena.
1 : Collines latéritiques. 2 : Mangrove externe sur roche en place et sur blocs. 3 : Mangrove interne sur vase. 4 : Vase nue. 5 : Cordons sableux avec cocotiers. 6 : Haute plage de sable. 7 : Delta de marée. 8 : Plage ancienne flandrienne bourrée de coquilles marines.

Ampasimena (fig. 20 et 21) — Cette accumulation sableuse, fort semblable à celle de Mahavanona par son exutoire central unique et la disposition en chicane des parties insubmersibles du cordon, présentait la particularité, lors de notre passage, de possèder un delta double de marée.

La dépression submersible en arrière du cordon sableux est aux deux tiers constituée par de la vase rougeâtre absolument nue, qui se fendille en période de morte eau sous l'effet de la dessication ; le dernier tiers seul porte des peuplements de palétuviers.

Les matériaux des deltas de marée ne peuvent provenir de cette dépression interne, puisqu'ils sont essentiellement sableux, alors que la dépression ne comporte que de la vase. Les matériaux sont par contre exactement identiques à ceux de la partie insubmersible du cordon et de la haute plage.

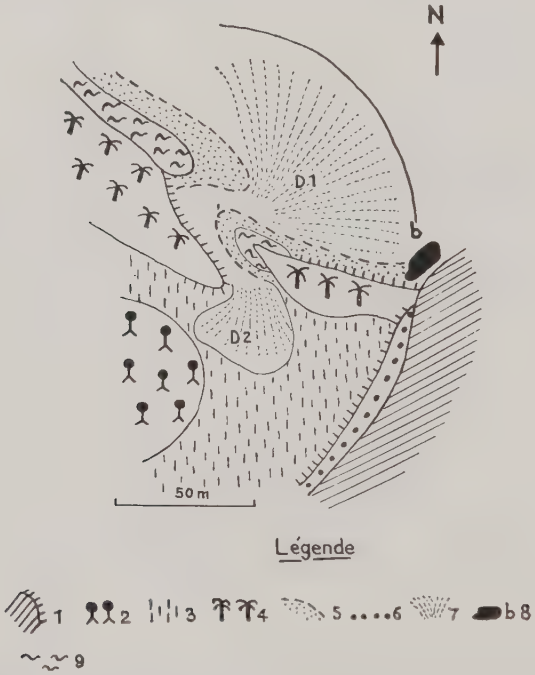


Fig. 21. — Détail de la passe et du delta de marée double d'Ampasimena. 1 : Collines latéritiques. 2 : Palétuviers. 3 : Vase nue. 4 : Cocoteraie sur le cordon sableux. 5 : Haute plage de sable. 6 : Plage ancienne flandrienne. 7 : Deltas sableux de marée. D. 1 : Delta externe de jusant ; D. 2 : Delta interne. 8 : Beach rock. 9 : Formes de progression du cordon sableux avec *Ipomea*.

Nous avons effectué quelques observations au masque sur le delta double de marée, à la fin du flot et au début du jusant. Le petit delta interne, entièrement sableux, est provoqué par le déferlement de trains de grosses vagues aux grandes hautes mers, qui créent un courant de décharge vers la dépression interne. Ce courant arrache du sable aux berges de la passe, et l'étale sur la vase en arrière du cordon. Le delta interne est à notre avis, une forme éphémère, qui peut disparaître momentanément, et reparaître lors des tempêtes ou aux grandes marées.

Le delta externe, beaucoup plus vaste, est au contraire une forme permanente. Il est dû à l'étalement par le courant de jusant, en face de l'exutoire, des matériaux sableux arrachés au cordon ou véhiculés le long de la haute plage par la dérive littorale.

Fig. 22. — La flèche à pointe libre d'Andohankary.
1 : Collines gréseuses. 2 : Dépôts coquilliers et coralliens anciens d'âge flandrien. 3 : Cordons sableux. 4 : Levée de galets de grès. 5 : Haute plage de sable fin. 6 : Formes de progression du cordon sableux avec *Ipomea*. 7 : Gazon ras sur sable fin et vase. 8 : Vase. 9 : Mangrove. 10 : Village d'Andohankary. 11 : Beach rock.

Nous avons remarqué à Ampasimena que le courant de jusant était en moyenne plus violent que le courant de flot (à l'exception des brusques décharges provoquées par l'arrivée de trains de grosses vagues). Le delta interne ne subit des remaniements qu'à marée haute. Le delta externe subit au contraire les remaniements les plus importants entre 1 heure et 2 heures 30 après le début du jusant. La cause

en est l'accélération du courant de décharge à ce moment, par suite d'un retard de la vidange de la dépression interne par rapport à la baisse du plan d'eau marin général.

b) *Les flèches à pointe libre subparallèles à la côte*

Dans cette catégorie entrent les accumulations d'Andohankary, d'Andranalana et d'Andranira. Nous n'avons étudié en détail sur le terrain que les deux premières.

Andohankary (fig. 22) — Longue de 250 mètres, cette flèche insubmersible progresse du nord vers le sud, dans le lit du vent et du fetch (donc parallèlement aux forces formatrices). Près de l'enracinement la grève extérieure est constituée par des blocs mal roulés de grés, provenant de la falaise rocheuse du promontoire auquel s'attache l'accumulation. Vers le sud on passe à un sable fin, sans l'intermédiaire des matériaux de la taille des graviers ou des sables grossiers. A son extrêmité, couverte par la Patate à Durand, la flèche tend à se recourber en crochet.

Une mangrove externe, sur sable et cailloux, et une mangrove surtout sur vase, enserrent complètement l'accumulation. La mangrove externe n'est cependant pas assez épaisse pour empêcher les vagues de modeler le cordon. La pente moyenne de la grève sableuse est de 15 degrés dans la partie centrale du cordon, et de 10 degrés à l'extrémité. Le cordon est transversalement dissymétrique, avec une descente en pente douce gazonnée vers la mangrove interne. Un petit banc de beach rock, provenant de la consolidation d'un sable fin, affleure sur la face interne du cordon un peu au-dessus du niveau de la vase à palétuviers.

Andranalana (fig. 23 et 24) — Cette flèche à pointe libre a une morphologie assez différente. Longue de 300 mètres, elle n'est insubmersible qu'à son enracinement, de forme triangulaire, qui porte le village et quelques cocotiers et à son élargissement terminal, couvert de gazon. Sa partie centrale amincie est entièrement submergée aux hautes mers de grande marée.

L'ensemble de l'accumulation s'allonge du nord-nord-est vers le sud-sud-ouest parallèlement à la direction de la houle de talio, qui est la houle dominante. Mais, dans le détail, elle subit une translation latérale sous l'action de la houle de varatraz. Cette translation se marque dans la partie centrale amincie par une dissymétrie nette dans le profil transversal : la grève, façonnée par les vagues en arrière d'une mangrove externe (surtout composée d'*Avicennia*) a une pente moyenne d'environ 15 degrés ; la retombée sur la mangrove interne

LÉGENDES DES PLANCHES I A VI

Planche I

A. — Le Lokobe vu du centre Océanographique de l'I. R. S. M., et le navire océanographique *ORSOM I*.

B. — Sur le récif d'Andovokonko. Affleurement du corail vivant par marée de 0,3 mètre.

Planche II

A. — Nosy Kivongy (108 m). Exemple de neck syénitique en culot d'obus.

B. — Nosy Antsoha (59 m).

Planche III

A. — La flèche occidentale de Nosy Kimany Be. La photo est prise à l'enracinement de la flèche. Au second plan, l'extrémité en crochet, constituée par du sable et des petits galets. A l'horizon la flèche orientale.

B. — L'accumulation sous le vent de Nosy Lolo, dans les Ambariotelo de la baie d'Ampasindava.

Planche IV

A. — Palétuviers poussant sur la roche en place (bancs de grès secondaires à pendage vers l'est-nord-est) sur le platier rocheux d'Ambariofitiky dans les Ambariotelo de la baie d'Ampasindava.

B. — Vue aérienne oblique de la partie interne de la mangrove d'Antsahampano (delta du Sambirano). Au premier plan, la ligne de rivage (laisse des plus hautes mers), et la frange interne de palétuviers. En teinte claire, la zone de vase sans végétation, à la périphérie de laquelle on distingue des peuplements de jeunes palétuviers. Au second plan la mangrove centrale, la plus vaste, avec ses chenaux de marée. A l'horizon, la montagne d'Ankify.

Planche V

A. — Débitage en plaquettes des grès schisteux liasiques sur l'estran d'Ambariofitiky, dans les Ambariotelo de la baie d'Ampasindava. La cigarette donne l'échelle.

B. — Plaquettes de grès schisteux disposées en festons à l'enracinement de l'accumulation sous le vent de Nosy Lolo, dans les Ambariotelo de la baie d'Ampasindava.

Planche VI

A. — La mangrove de la partie méridionale du delta du Sambirano, au sud des monts du Sambirano. Vue aérienne oblique. On remarque l'ampleur des chenaux de marée. Au second plan, les monts du Sambirano. A l'horizon, Ankify, Nosy Komba, et Nosy Bé.

B. — Le Sambirano à Ambanja. Vue prise du sommet de la colline des Travaux Publics. A l'horizon, les monts du Sambirano.

A

B

(Photographies R. Battistini)

A

B

(Photographies R. Battistini)

A

B

(Photographies R. Battistini)

A

B *(Photographies R. Battistini)*

A

B *(Photographies R. Battistini)*

A

B

(Photographies R. Battistini)

(surtout composée de *Rhizophora*), est au contraire brutale, avec une pente voisine de 35 degrés.

La translation du cordon vers l'intérieur entraîne un recouvrement par le sable des palétuviers de la mangrove interne ; certains plants englobés dans le cordon qui avance comme un rouleau compresseur, meurent. Les plus hautes branches, aux feuilles desséchées, émergent seules du sable. D'autres plants ont survécu au passage du cordon, et sont progressivement dégagés et incorporés à la mangrove externe. La mangrove externe composée surtout d'*Avicennia* progresse vers l'intérieur au fur et à mesure du recul du cordon.

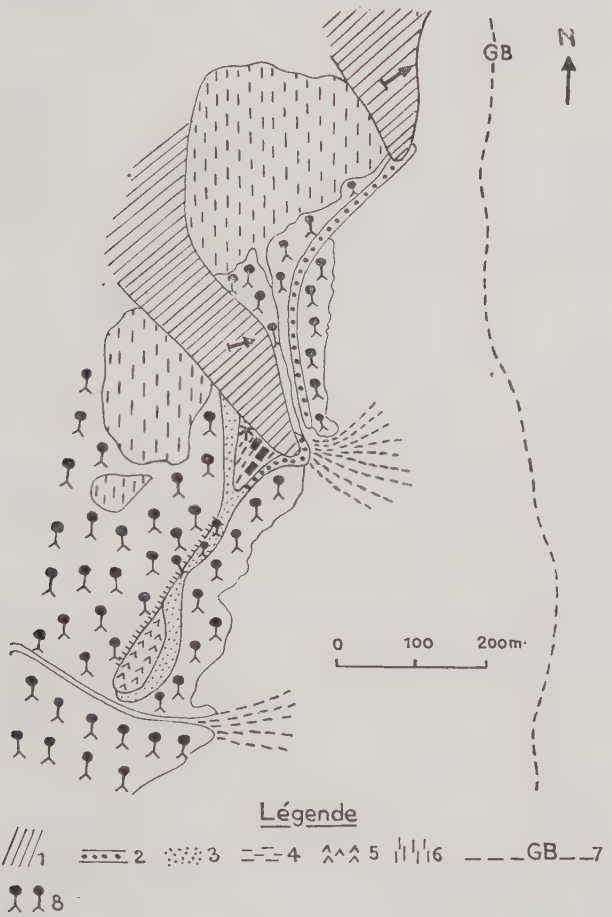


Fig. 23. — Formes de colmatage et flèche libre d'Andranalana.
1 : Collines gréseuses monoclinales ; la flèche indique la direction des pendages. 2 : Levée de galets. 3 : Levée sableuse actuelle. 4 : Levées sableuses anciennes portant le village. 5 : Gazon ras. 6 : Espaces de vase nue au milieu de la mangrove interne. 7 : Laisse des basses mers de vives eaux. 8 : Palétuviers.

2° Le massif intrusif a dépression annulaire d'Ankobabe-Ampasimbitika et la cote entre Ambaliha et l'embouchure de la rivière Joja

Ce massif intrusif post-liasique se trouve au sud-ouest du fond de la baie d'Ampasindava. Il fait corps géologiquement avec le massif des Deux Sœurs (Ambohimiravavy), montagne sacrée des Sakalava, qui culmine à 750 mètres. Il a été étudié en détail en 1956 par J. de Saint-Ours, qui en donne une bonne carte géologique au 1/50.000e (fig. 25). Nous n'avons pas gravi l'Ambohimiravavy, bornant nos prospections à la partie orientale de l'intrusion, qui présente une morphologie très particulière.

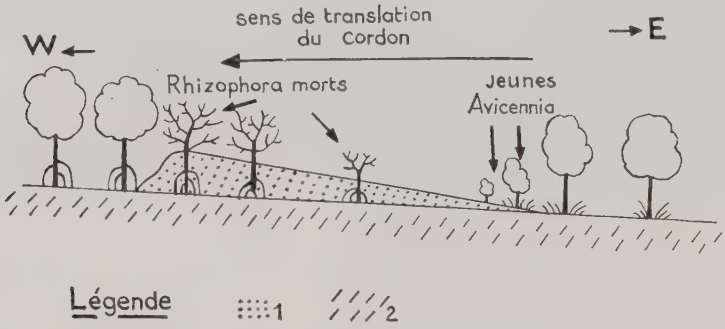


Fig. 24. — Coupe transversale dans la partie moyenne de la flèche libre d'Andranalana, montrant la translation latérale du cordon. Recouvrement par le sable des *Rhizophora* de la mangrove interne qui meurent. Progression de la mangrove externe avec peuplement de jeunes *Avicennia*, au fur et à mesure du déplacement du cordon. — 1 : Sable ; 2 : Vase.

L'ensemble se présente comme une dépression circulaire de 5 à 6 kilomètres de diamètre, entourée par une muraille montagneuse continue entre 350 et 670 mètres d'altitude (fig. 26). L'aspect général est celui d'une vaste cuvette cratériforme. Au milieu de la dépression centrale se dresse le relief abrupt du Bongo Betaila, qui culmine à 508 mètres. Le fond de la dépression annulaire se trouve entre 100 et 150 mètres d'altitude. On y trouve plusieurs villages, dont le plus important est Ankobabe, dans la partie nord-est de la dépression. De nombreux défrichements, et un chemin reliant Ankobabe à Ankotsoko et Ankatafa y rendent la circulation aisée. La bordure montagneuse abrupte qui circonscrit la dépression, ainsi que le relief central du Bongo Betaila, sont au contraire entièrement couverts par une forêt secondaire extrêmement dense difficilement pénétrable, et par des peuplements purs de bambous. L'abondance des sangsues y rend la progression très désagréable.

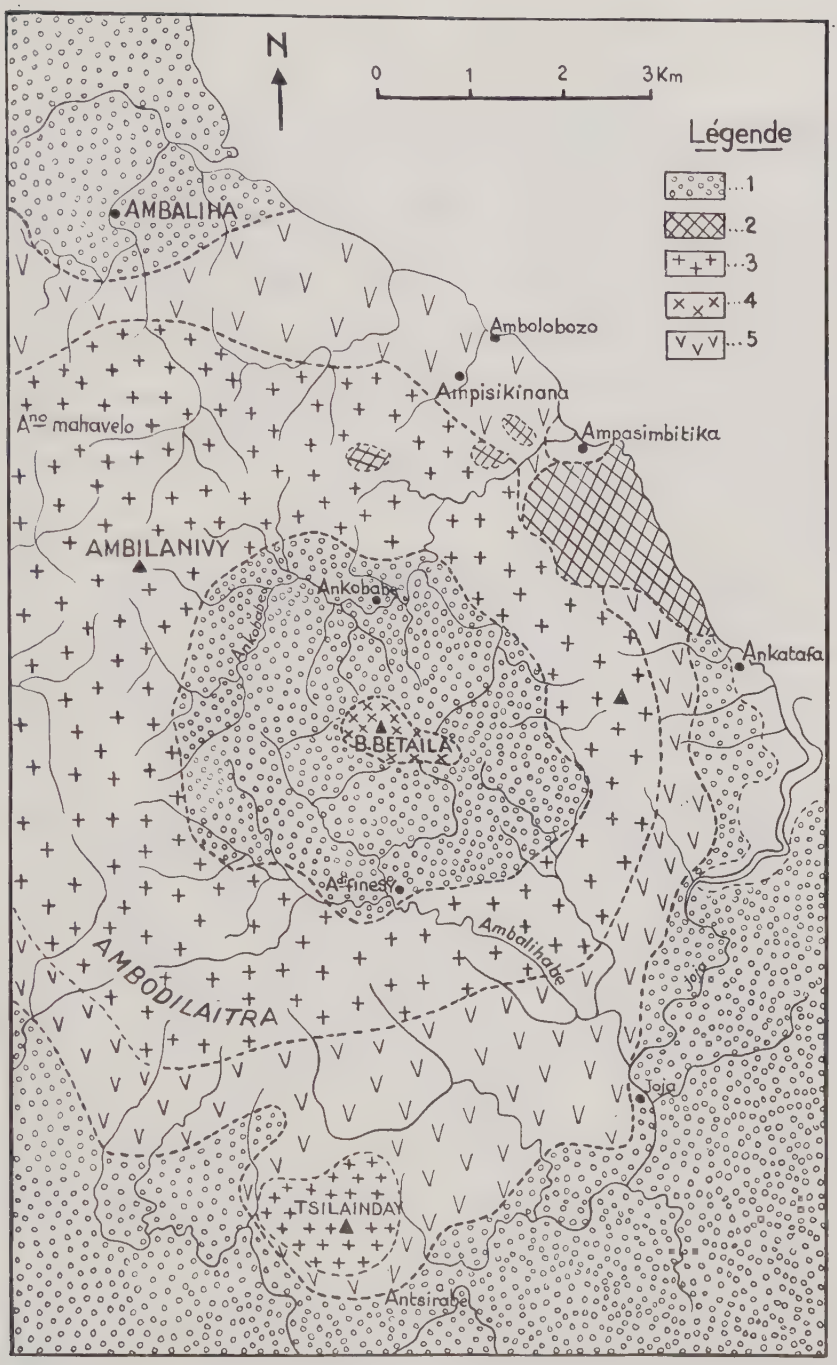


Fig. 25. — Carte géologique du massif intrusif à dépression annulaire d'Ankobabe — Ampasimbitika, d'après J. de Saint-Ours (1956).
1 : Isalo sup. à faciès mixte. 2 : Zones à intrusions granitiques. 3 : Syénites alcalines. 4 : Rhyolites et microgranites. 5 : Trachytes et microsyénites.

Nous avons d'abord prospecté la bordure nord-est du massif intrusif, qui est baignée par la mer entre Ambaliha et Ankatafa au nord-ouest des mangroves de la rivière Joja. La falaise, le long de ce secteur de côte, est la plupart du temps façonnée dans des schistes noirs, par endroits ardoisiers, qui se débitent sur le haut estran, soit en grosses plaques, soit en énormes parallélipipèdes de plusieurs mètres-cubes.

Contrairement au cas général (Lokobe, Nosy Komba, Ankify, Andranomiserano, etc...) les couches sédimentaires ne sont pas redressées vers le centre du massif intrusif, mais au contraire plongent rapidement vers le sud-ouest. A Ampasimbitika, Amboloso, et au nord d'Ankatafa, on observe des pendages de 20 à 35 degrés vers le sud-ouest, c'est-à-dire vers le centre de l'intrusion.

Fig. 26. — Carte topographique du massif à dépression centrale annulaire d'Ankobabe — Ampasimbitika. L'équidistance des courbes de niveau est de 100 mètres. Échelle 1/100.000e

Les terrains sédimentaires sont en outre affectés de nombreuses failles radiales et de failles concentriques, avec ou sans dénivellation des couches. Sur l'estran affleurent aussi des roches grenues, en massifs ou en filons au milieu des schistes. Elles ont été observées sur le terrain et décrites en détail par H. Besairie (1936). Ce sont surtout des granites alcalins à riebeckite, et des pegmatites à gros cristaux de riebec-

kite, enfin plus rarement des syénites. Par endroits on retrouve, en inclusions, des schistes non digérés au milieu des roches éruptives ; l'une de ces inclusions, de 2,5 mètres sur 4 mètres, constituée par des schistes noirs englobés dans un granite, est observable sur le haut estran à 300 mètres environ au nord-ouest du village d'Ankatafa.

Lorsque l'on gravit la chaîne montagneuse qui enserre la dépression centrale annulaire, les schistes disparaissent très rapidement. Ils affleurent uniquement le long du littoral à Ampasimbitika, et jusqu'à 70 mètres d'altitude environ en arrière d'Amboloboso. Nous avons gravi le Bongo Ampasimbitika, et une partie des pentes de l'Anvilanivy, qui sont deux sommets de la ceinture montagneuse. Les trois quarts inférieurs du Bongo Ampasimbitika sont constitués, sur la face extérieure du massif, par des granites et des pegmatites altérées en surface en argile rouge latéritique. Au sommet du Bongo Ampasimbitika, il existe de beaux affleurements de syénite non décomposée, en larges dalles lapiazées par les eaux de pluies, et à moitié enfouis sous la forêt. L'Anvilanivy est essentiellement syénitique.

La dépression centrale annulaire, large de 1 kilomètre à 1,5 kilomètre entre Andrafiha et Ankobabe, montre un fouillis de collines latériques surbaissées dans les terrains décomposés du Lias et du Jurassique moyen.

Enfin, on retrouve les terrains éruptifs dans le relief central du Bongo Betaila, de nature rhyolitique ; ce massif qui se dresse au milieu de la dépression centrale, dans l'axe de l'intrusion, a, vu du Bongo Ampasimbitika, l'aspect d'un dôme boisé, haut de 508 mètres, avec des pentes de 25 à 35 degrés.

Nos observations et celles de nos prédécesseurs nous portent à interpréter cette intrusion annulaire comme un laccolite. On ne peut en effet expliquer facilement d'une autre manière les pendages des schistes de la périphérie vers l'intérieur du massif à Ampasimbitika ni l'existence des terrains sédimentaires dans le fond de la dépression centrale annulaire.

L'axe de l'intrusion et de l'arrivée du magma correspondrait au relief central rhyolitique. L'effondrement créant les pendages vers le centre du massif peut être soit antérieur, soit postérieur à l'intrusion des roches éruptives.

La morphologie de l'ensemble s'explique par le simple jeu de l'érosion différentielle (fig. 27). Les différentes parties du laccolite, constituées par des roches éruptives, sont restées en saillie. Les parties schisteuses ou gréseuses, plus sensibles à la décomposition sur place, ont été au contraire facilement attaquées par l'érosion, d'où l'évidement de la dépression centrale annulaire. Le drainage de cette dépression se fait, dans la partie orientale et septentrionale, par la rivière Akonbabe-Nofotrakoho, qui franchit en gorge à l'est d'Ankobabe

l'obstacle de la muraille périphérique, avant d'atteindre la mer à Ampasimbitika. Une autre petite rivière, l'Ambalihabe, coule vers le sud-est et va rejoindre la rivière Joja.

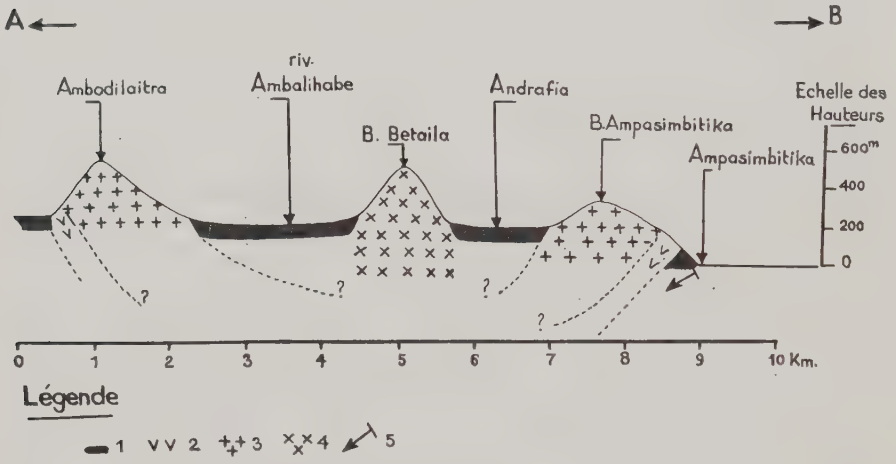


Fig. 27. — Coupe topographique et géologique à travers le massif à dépression centrale annulaire d'Ankobabe — Ampasimbitika, selon A B de la fig. 26. 1 : Isalo sup. à faciès mixte. 2. Trachytes et microsyénites. 3 : Syénites alcalines. 4 : Rhyolites et micro-granites. 5 : Pendage de l'Isalo 1 à Ampasimbitika.

Entre la baie d'Andranira et l'embouchure de la rivière Joja le tracé de la ligne de rivage suit le rebord externe du massif intrusif. D'où l'aspect massif de cette côte. Deux uniques et minuscules anses servent de sites aux deux villages d'Ampasimbitika et d'Amboloboso.

L'anse d'Ampasimbitika (fig. 28), au fond de laquelle débouche la rivière Nofotrakoho, est barrée par deux cordons sableux. Un cordon interne, qui est actuellement entièrement fixé par la végétation, porte le village et la plus grande partie de la cocoteraie. Le cordon externe enraciné au sud-est de l'anse, est de formation plus récente. Il est recouvert par la liane rampante dite « Patate à Durand », par quelques buissons, et par des cocotiers.

Il existe une mangrove interne sur vase, en arrière des deux cordons, et une mangrove externe, sur le delta d'estran de la rivière Nofotrakoho. Ce delta n'est pas un delta de marée : il n'est pas dû en effet au courant de jusant de l'eau de mer sortant de la mangrove interne. D'ailleurs la surface de la mangrove interne et la quantité d'eau qui y pénètre à chaque marée sont trop peu importantes pour qu'il puisse se former un delta de ce type. Il s'agit en réalité d'un cône de déjection de crue de la rivière Nofotrakoho, constitué surtout par

de la pierraille schisteuse, sur laquelle s'est établie la mangrove externe.

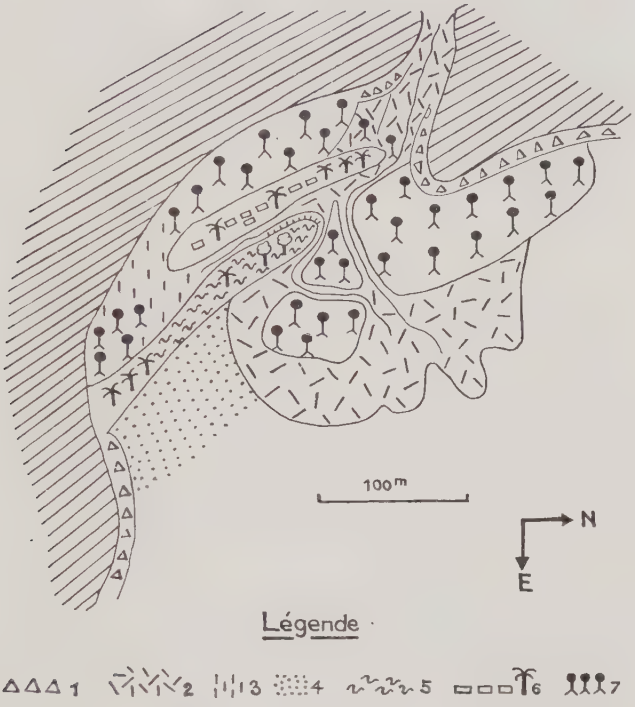


Fig. 28. — Morphologie de l'anse d'Ampasimbitika.
1 : Haut estran avec gros blocs de schistes. 2 : Delta pierreux de la rivière Nofotrakoho. 3 : Vase nue. 4 : Estran sableux. 5 : Cordon sableux de formation actuelle avec *Ipomea*. 6 : Cordon sableux ancien portant le village et la cocoteraie. 7 : Palétuviers.

L'anse d'Amboloboso a une morphologie assez semblable. L'anse est presque entièrement fermée par un cordon de sable couvert par la Patate à Durand, et enraciné, comme à Ampasimbitika, au sud-est de la baie. En arrière du cordon s'étend une mangrove interne, qui communique avec la mer par une étroite passe ménagée entre l'extrémité du cordon sableux et l'estran rocheux de la partie occidentale de l'anse.

L'embouchure de la rivière Joja. La basse Joja est le type de la ria entièrement colmatée par les vasières et par une mangrove en progression rapide vers l'extérieur. La marée pénètre jusqu'au delà du village d'Ankotsoko, à plus de 3 kilomètres à l'intérieur des terres.

La rivière, à son embouchure, a formé un delta sous-marin de sable et de vase, de 1 kilomètre carré environ de surface, qui n'émerge qu'en partie aux grandes basses mers. Ce delta est à la fois un delta de marée et un delta de crue de la rivière Joja. Il sert de substratum à la progression de la mangrove, dont la bordure externe ouverte montre des formes de colonisation rapide par taches.

Des éléments de cordons sableux se trouvent inclus à l'intérieur de la mangrove. Certains sont difficilement reconnaissables même sur le terrain : du fait de la progression rapide de la mangrove vers l'extérieur, ils ont presque cessé d'être fonctionnels, et émergent à peine de la surface de la vasière.

V. — LA MORPHOLOGIE DE L'INTÉRIEUR DE LA PRESQU'ILE ET LE MASSIF INTRUSIF DE BEZAVONA (fig. 29)

Ce massif, situé entre la basse Bezavona et la basse Berondra au sud-ouest de l'enracinement de la presqu'île d'Ampasindava, mesure 10 kilomètres de longueur et 6 kilomètres de largeur, et culmine à 676 mètres à l'Anketsabe. Il a été décrit en détail au point de vue pétrographique par J. de Saint-Ours (1956). On distingue deux parties :

1° La partie nord-est se présente comme une nette circonvallation de 4 kilomètres de diamètre. La dépression intérieure est drainée par la rivière Antsahaniakoho, qui s'échappe vers le sud par une gorge pour rejoindre la Berondra. L'ensemble est constitué par une syénite que A. Lacroix a appelée « laurvikite », constituée d'orthose sodique, de diopside, fayalite, biotite et hornblende brune. Selon J. de Saint-Ours la structure du massif est, comme l'invite à penser la morphologie, annulaire, la texture étant grenue le long de la circonvallation, tandis que la bordure présente des faciès microgrenus. La dépression centrale est formée également de faciès microgrenus ou même microlitiques. Cette dernière serait donc une forme d'érosion différentielle.

2° La partie sud du massif est constituée par des syénites néphéliniques à aegyrine ; elle culmine à 500 mètres à l'Antsanany.

Le massif intrusif domine de 500 mètres un paysage de basses collines façonnées dans les terrains secondaires, et résultant de la dissection d'une surface d'érosion ancienne très étendue que nous désignons sous le nom de surface de Beanamalaho, du nom d'un village situé au nord-est du massif de Bezavona. La figure montre l'extension de cette ancienne surface d'érosion, qui a nivelé l'ensemble des terrains sédimentaires autour du massif de Bezavona, et surtout entre

ce massif et l'intrusion annulaire d'Anketsabe-Ampasimbitika. Elle s'est étendue vers le sud-est jusqu'au grand abrupt de faille de l'Ampitolovantsambo (continuation méridionale de la grande faille du bas-Sambirano), autour du massif de Miarena, et a pénétré en golfe vers le nord et le nord-est entre les hauteurs d'Analabe et d'Andilambolo. Son altitude, de 200 mètres au pied de l'Ambodilaitra (partie méridionale du massif annulaire d'Ankobabe-Ampasimbitika) et de l'Am-

Fig. 29. — Carte morphologique du massif intrusif de Bezavona.
1 : Massif intrusif syénitique de Bezavona. 2 : Lignes de crêtes principales. 3 : Dépression centrale de l'Antsahaniakoho. 4 : Surface d'érosion générale de Beanamalaho. 5 : Cuestas et reliefs en hog's back dans les terrains secondaires à la périphérie du massif intrusif. 6 : Dépression périphérique. 7 : Gorge épigénique de la rivière Berondra.

pitolovantsambo, diminue progressivement vers l'ouest et le sud-ouest : 192 mètres autour de Beanamalaho, 159 au nord de Malainkolemby, 141 au nord-est d'Antanandava.

Les couches sédimentaires sont redressées à proximité du massif intrusif de Bezavona. D'où le dégagement d'un système de petites cuestas tendant par endroit au hog's back, qui ceinturent l'ensemble du massif, et d'une étroite dépression périphérique, nette surtout à l'est entre la Berondra et Antsakoabe, au contact du cristallin et du sédimentaire.

L'étude des rapports du réseau hydrographique et de la structure permet de mettre en évidence des sections adaptées, et d'autres inadaptées. Le cas le plus frappant d'inadaptation est celui de la rivière Berondra. Cette rivière franchit en tracé obséquent le système des petites cuestas à Antsahaniakoho, puis s'engage dans le massif intrusif en aval d'Antsahalalina, qu'elle traverse par une gorge longue de 4 kilomètres, avant de retrouver un tracé cataclinal dans les terrains sédimentaires de la bordure. Ce cas d'inadaptation s'explique le plus facilement par la surimposition à partir d'une ancienne surface d'érosion, soit la surface de Beanamalaho (à partir de laquelle le système de petites cuestas est dégagé en bordure du massif intrusif par la reprise d'érosion), soit une surface plus ancienne dont on ne retrouverait plus de traces. Les rivières secondaires de génération plus récente sont au contraire généralement adaptées à la structure. Ainsi la rivière Antsakoabe et la rivière Antsahaniakoho, qui suivent la dépression périphérique en avant du front de la petite cuesta de Beharambato en gardant un tracé orthoclinal. Ainsi aussi la rivière Antsahaniakoho, qui draine l'intérieur de la circonvolution du massif intrusif.

VI. — LES KISIMANY

Nosy Kisimany Be, Nosy Kisimany Kely, et l'alignement d'écueils et de platiers rocheux entre ces deux îles et le cap Makamby, sont constitués par des bancs de grès secondaires à forts pendages vers l'est-nord-est. Les mêmes pendages, en général de l'ordre de 15 à 25 degrés, s'observent dans les falaises vives du cap Makamby. Ils sont conformes à la disposition générale des couches sédimentaires en arcs de cercle autour du massif intrusif de l'Andranomiserano, disposition que nous avons signalée déjà dans la baie d'Ambavatoby. L'ensemble Nosy Kisimany Be, Nosy Kisimany Kely, cap Makamby, et les platiers rocheux qui les relient doit être interprété comme une ancienne cuesta, en partie arasée par l'érosion marine. Les deux Kisimany sont des témoins conservés et isolés par la mer de cette cuesta démantelée.

En avant du front de cuesta, qui faisait face à l'Ouest et à l'Andranomiserano, la dépression subséquente a été entièrement envahie par la mer.

L'intérêt géomorphologique des Kisimany réside surtout dans leurs formes d'accumulation sous le vent. Les deux flèches à crochet de Kisimany Be sont à mettre parmi les formes d'accumulation littorale les plus belles et les plus curieuses de toute la baie d'Ampasindava.

1° Nosy Kisimany Be (fig. 30 et 31)

Cette île boisée est longue de 1 kilomètre du nord au sud, et atteint 92 mètres de hauteur. Sa forme générale est celle d'un triangle isocèle dont la pointe principale serait tournée vers le nord, face à la houle dominante, tandis que la base serait face au sud, c'est-à-dire du côté abrité. Contrairement au cas général, il n'existe pas ici de platier corallien face à la houle dominante. En avant de la falaise marine et des gros blocs de grès éboulés qui encombrent la partie supérieure de l'estran, on observe seulement une étroite bordure de coraux et quelques petites taches d'herbier. On tombe ensuite rapidement sur des fonds de 8 à 15 mètres constitués par du sable à proximité immédiate de l'île, au delà par de la vase. Ici, comme dans bien d'autres cas (Nosy Kivongy, Antsoha, etc...), l'absence de platier corallien s'explique le mieux par le caractère trop abrupt du relief précorallien. Du côté de l'île sous le talio, donc abrité de la houle du large, il s'est formé deux belles accumulations du type sous le vent que nous avons étudiées sur le terrain de manière détaillée.

Il importe de comprendre tout d'abord pourquoi on observe ici une double accumulation sous le vent, au lieu d'une seule comme cela est habituel.

La résultante de la dérive littorale est dirigée du nord vers le sud. Les matériaux tendent donc à se déplacer depuis la pointe nord du triangle, vers l'extrémité des deux autres pointes. Dans le cas d'une île de forme ronde ou ovale, il arrive généralement que les matériaux véhiculés des deux côtés de l'île se rejoignent sous le vent pour former une accumulation unique, le plus souvent triangulaire, ou allongée en forme de queue. C'est le cas de beaucoup le plus fréquent, surtout lorsqu'il s'agit d'îles de petite taille (Tany Kely, Nosy Fanihy, Nosy Antsoa et, beaucoup plus près, de Nosy Kimany Kely, que nous décrirons bientôt). Lorsque au contraire, pour une raison ou pour une autre, les matériaux poussés des deux côtés de l'île par la dérive littorale ne peuvent pas se rejoindre dans la partie sous le vent, il est normal qu'il se forme deux accumulations distinctes. A Nosy Kisimany Be, c'est la forme générale triangulaire de l'île qui est à l'origine de

cette disposition. Chacune des accumulations croît séparément, alimentée seulement par les matériaux en provenance d'un seul côté de l'île. Entre les deux accumulations sous le vent, surtout constituées par des sédiments grossiers, il s'est formé une anse profonde qui correspond à une zone où ne se produit aucune sédimentation grossière, mais seulement un dépôt de sable et de vase. Nous étudierons successivement la flèche occidentale et la flèche orientale, qui sont toutes deux de magnifiques exemples de flèches recourbées en crochet sous l'action de la diffraction de la houle, enfin l'anse centrale entre les deux flèches.

La flèche occidentale

La flèche occidentale mesure 250 mètres de longueur totale. Enracinée à l'angle sud-ouest de Nosy Kimany Be, elle s'avance d'abord vers le sud, sur 200 mètres, puis se recourbe brusquement à son extrémité vers l'est et le nord-est, de telle sorte que sa forme générale est celle d'un point d'interrogation. La pointe de l'accumulation tend à rejoindre en sens inverse la côte méridionale de Nosy Kimany Be, près de l'enracinement.

La flèche n'est pas entièrement submersible. Il existe en effet quelques arbres dans la partie la plus haute, à son extrémité méridionale. Mais aux très grandes marées ou au moment des grandes tempêtes, la mer passe par-dessus le cordon sur une centaine de mètres de longueur au sud de l'enracinement. Les profils transversaux montrent une dissymétrie très accentuée. La pente du côté interne, c'est-à-dire dans la concavité du point d'interrogation, est voisine de la pente d'équilibre du sable sec. Du côté externe, à l'exception de l'extrémité méridionale de la flèche carapaçonnée par du beach rock, la pente est au contraire plus faible (10 à 15 degrés), et semblable à celle des plages ordinaires de sable et de galets.

Les matériaux constituant l'accumulation vont des gros galets et des gros blocs à peine roulés, près de l'enracinement, au sable fin. Les grands traits de la répartition sédimentologique sont indiqués sur la fig. 31. Du côté externe de la flèche, la partie de la levée découvrant à basse mer est constituée par de gros galets et des blocs anguleux en provenance de la falaise gréseuse. Les blocs anguleux deviennent de plus en plus rares vers l'extrémité de la flèche, mais la levée de gros galets se continue jusqu'au delà de son rebroussement. La levée est en partie consolidée en un beach rock à gros galets de grès et à ciment calcaire, lapiazé et creusé de petites grottes. Ce beach rock n'est pas un reste d'une accumulation ancienne ; en effet la disposition des galets montre qu'il fait partie intégrante de la flèche actuelle, sa consolidation étant sans aucun doute toute récente. A l'extrémité du crochet

on ne trouve plus que des petits galets, mélangés à des branches brisées de corail.

L'axe en partie insubmersible de la flèche et la retombée interne en pente forte sont constitués soit par du gravillon corallien, soit par du sable. Les galets ne franchissent pas la partie la plus haute de la flèche, mais cheminent seulement sur sa face externe. La face interne, abritée des vagues, porte une petite mangrove accrochée à la pente sableuse dans la concavité du crochet.

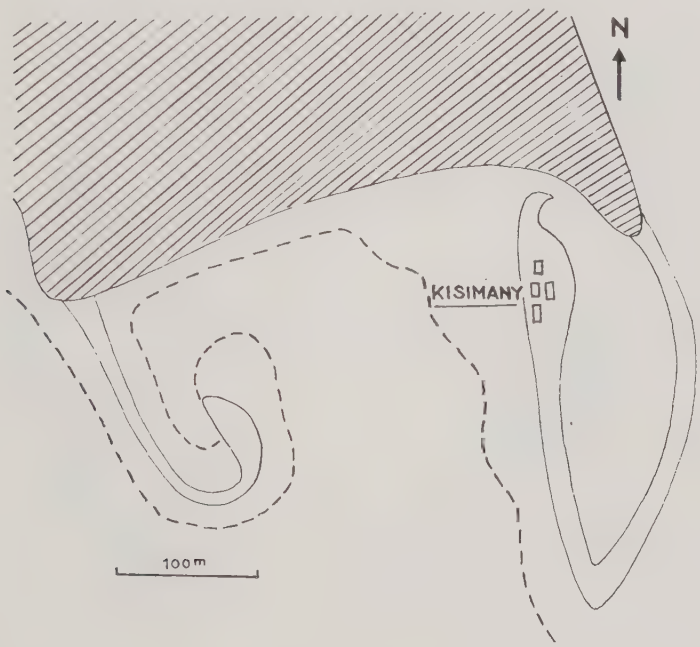


Fig. 30. — Les deux flèches sous le vent de Nosy-Kisimany Bé. Les parties insubmersibles même à marée haute de vives eaux sont limitées par un trait plein, les parties émergeant à marée basse de vives eaux sont limitées par un tireté.

La flèche orientale

Constituée par une masse de matériaux environ trois fois plus importante, la flèche orientale est nettement plus longue que la flèche occidentale. Enracinée à l'angle sud-est de Nosy Kisimany Be, elle mesure environ 350 mètres de longueur du nord au sud, et 700 mètres de longueur totale. C'est une flèche à crochet recourbé, comme la flèche occidentale. Mais le recourbement se fait en sens inverse, vers l'Ouest et non vers l'Est. Nous nous trouvons devant une forme iden-

tique, mais à un stade d'évolution plus avancé que la flèche occidentale. Parler de « stade plus avancé d'évolution » ne signifie d'ailleurs nullement que l'une des flèches, la plus évoluée, soit plus ancienne que l'autre. L'évolution a pu avancer plus vite dans un cas que dans l'autre, simplement à cause d'un apport plus important des matériaux, sable et galets, servant à la construction.

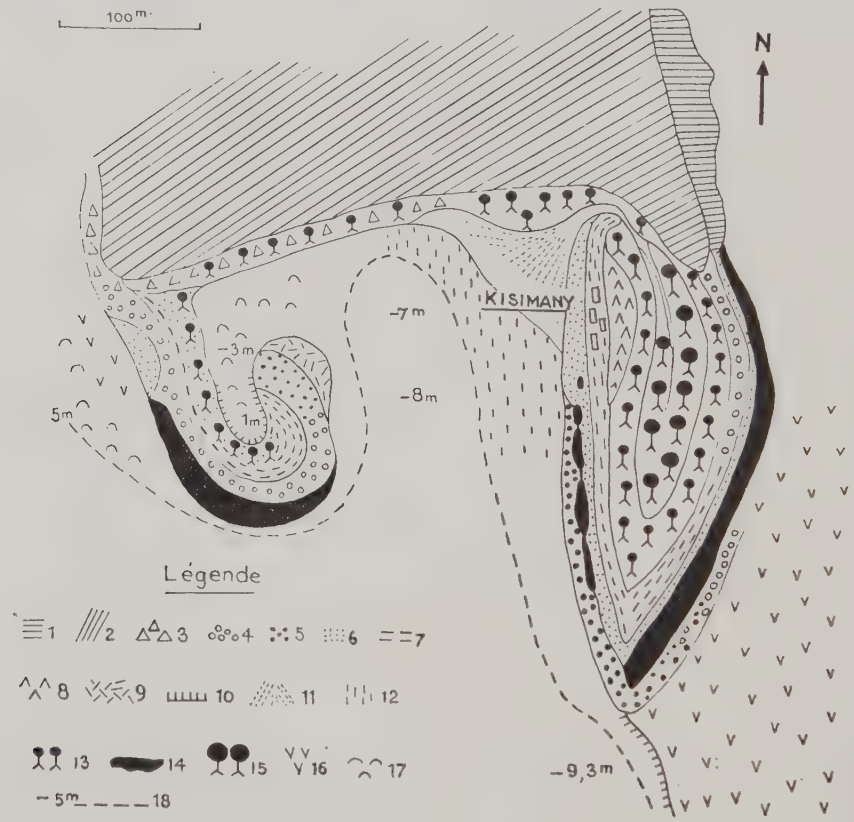


Fig. 31. — Les deux flèches sous le vent de Nosy Kisimany Be.
1 : Platier rocheux. 2 : Partie centrale gréseuse de l'île. 3 : Gros blocs anguleux. 4 : Levée de gros galets. 5 : Levée de petits galets. 6 : Sable de la haute plage. 7 : Cordons sableux insubmersibles. 8 : Gazon ras. 9 : Amas de gravillon corallien et de petits galets. 10 : Pente supérieure à 40 degrés. 11 : Delta de marée. 12 : Fonds de sable fin et de vase. 13 : Mangrove avec mélange de différentes espèces. 14 : Beach rock à gros galets. 15 : Peuplement pur de *Rhizophora*. 16 : Herbier à Cymodocées. 17 : Massifs de coraux vivants. 18 : Courbe bathymétrique de moins 5 mètres.

C'est surtout parce qu'elle permet de saisir ces deux stades différents d'évolution d'une même forme, que l'étude comparée de ces

deux flèches présente un grand intérêt. Nous avons commencé par décrire la flèche occidentale, parce qu'elle est au stade d'évolution le moins avancé. Il est de la sorte plus facile de comprendre maintenant la morphologie de la flèche orientale.

Cette flèche présente la particularité d'avoir un crochet tellement développé, que son extrémité revient presque au point de départ, à l'enracinement de l'accumulation. La mangrove, développée dans la partie concave abritée du crochet, se trouve ici presque complètement enfermée et isolée. Seule demeure un étroit passage de quelques mètres de largeur, qui permet la desserte en eau de mer des palétuviers. Cette mangrove, d'assez vaste dimension puisqu'elle mesure 280 mètres de longueur sur 80 mètres de largeur maxima, comprend une partie centrale composée par un peuplement pur de grands *Rhizophora*, et une bordure avec des espèces mélangées (*Avicennia* dominant). La mer n'envahit la mangrove qu'un peu avant la marée haute. Le chenal central de desserte se dirige du sud vers le nord, et se fraye difficilement un passage étroit, de 3 à 4 mètres de largeur seulement, entre la pointe de la flèche et la falaise gréseuse du sud de l'île.

Au débouché du chenal de desserte de la mangrove correspond un petit delta de marée, d'une centaine de mètres de grande dimension, constitué par du sable très fin et par de la vase. Ce delta tend à combler la partie nord-est de l'anse profonde ménagée entre l'avancée des deux flèches à crochet.

Le cordon littoral proprement dit est constitué par des galets, du sable, et du beach rock. Dans les cent cinquante premiers mètres à partir de l'enracinement, la partie insubmersible du cordon est une étroite levée de galets de grès de 3 à 4 mètres de largeur en moyenne. Vers l'extrémité méridionale de l'accumulation, la partie insubmersible devient surtout sableuse, et s'élargit notablement. En cet endroit elle porte de nombreux arbustes. Au delà du point d'inflexion, et en remontant vers le nord, le sommet de la levée redevient étroit, tout en restant surtout sableux. En certains points la mangrove interne est à une dizaine de mètres seulement de la laisse extérieure de haute mer. On observe un élargissement qui porte le village de Kisimany ; en cet endroit, en arrière du cordon sableux, s'étend un assez vaste espace couvert de gazon ras, nettement surélevé par rapport à la mangrove. La pointe extrême du crochet, au nord du village de Kisimany, est recourbée en un micro-crochet dû à la diffraction de la houle venant du sud et qui pénètre dans la mangrove interne par l'étroite passe. La partie supérieure de la haute plage est constituée par du sable, sur une largeur de deux ou trois mètres. Immédiatement au-dessous affleure, sur toute la face orientale de l'accumulation, et en de nombreux points de la face occidentale, un banc de beach rock à gros galets de grès. En plusieurs endroits ce banc résistant occupe presque

toute la largeur de l'estran entre le niveau des hautes mers et celui des basses mers moyennes. On observe enfin des accumulations de galets libres, surtout en contrebas du beach rock, dans la partie moyenne et inférieure de l'estran. Ces galets migrent, sous l'action de la dérive littorale, presque jusqu'à l'extrémité de la flèche, en face du village de Kisimany.

Il existe une dissymétrie entre la pente externe et la pente interne du cordon, mais cette dissymétrie est beaucoup moins marquée que dans le cas de la flèche occidentale. La mangrove interne est en effet exhaussée en certaines de ses parties, jusqu'à un niveau voisin du niveau des hautes mers moyennes. La dissymétrie transversale ne concerne donc que la partie tout à fait supérieure du cordon. On peut imaginer un stade futur où, l'exhaussement de la vasière réduisant de plus en plus le volume des eaux pénétrant à chaque marée, la passe ne sera plus entretenue par un courant suffisant. Il y aura alors fermeture complète de la boucle du cordon, et disparition de la mangrove interne.

L'anse centrale

L'anse centrale circonscrite entre les deux flèches sous le vent présente dans sa partie centrale des cotes comprises entre moins cinq et moins huit mètres. Ces cotes indiquent que les deux flèches qui circonscrivent l'anse ont poussé en eau relativement profonde et exigé l'accumulation d'un volume important de matériaux pour pouvoir émerger.

Du côté de la flèche occidentale, la pente sous-marine est très brutale. Nous avons mesuré une cote moins sept mètres à une douzaine de mètres de la laisse de basse mer au droit de l'extrémité du crochet. Dans la boucle même du crochet il existe des profondeurs de moins un mètre à moins trois mètres. D'assez nombreux massifs de coraux croissent sur le fond de l'anse dans cette position particulièrement abritée de la houle.

Du côté de la flèche orientale la remontée depuis les fonds de moins huit mètres est plus progressive, surtout en face du delta de marée qui a déjà en partie comblé la partie sud-est de l'anse.

Au fond de l'anse, la côte sud de Nosy Kisimany Be est bordée par une étroite frange de mangrove qui pousse sur de la pierraille au pied de la falaise argilo-gréseuse de haute mer.

2° Nosy Kisimany Kely

Située au sud de Kisimany Be, cette petite île gréseuse, qui culmine à trente-quatre mètres, mérite d'être décrite surtout à cause de la

LÉGENDES DES PLANCHES VII A XII

Planche VII

A. — L'Androadroatra, cône égueulé de l'ouest de Nosy Bé. La coulée s'est échappée vers le nord-ouest, c'est-à-dire dans la partie droite de la photographie. Au second plan, l'Antsamantsara et le volcan du Cratère.

B. — Le cône volcanique de Bemoko, et la plaine côtière occidentale de Nosy Bé, couverte par la canne à sucre. Au second plan l'îlot de Nosyn'Tangam.

Planche VIII

A. — L'Andrikibe, cône volcanique du nord-ouest de Nosy Bé. Cratère parfait, non égueulé. Ébauches de barrancos.

B. — Vue plongeante dans l'intérieur du cratère de l'Andrikibe.

Planche IX

A. — Vue aérienne oblique de la partie centrale de Sakatia.

B. — Vue aérienne oblique de la plaine côtière occidentale de Nosy Bé. Au premier plan, les cônes simples de Bemoko, du Tanybongo, du Mont Lambert et du Mont Orangea. Au second plan, la baie d'Antsoa et la presqu'île d'Andilana.

Planche X

A. — Le cratère colmaté de l'Ambaribongo. A l'intérieur, vastes parcelles de canne à sucre.

B. — Le cratère lac de l'Amparihibe. Au second plan, le cratère lac Anjavibe et le bongo Pisa.

Planche XI

A. — Le relief de l'intérieur de Nosy Bé. Vue aérienne oblique. A l'horizon le Lokobe, Nosy Komba, et la montagne d'Ankify.

B. — Les lacs de cratère Amparihibe et Maintimasoa.

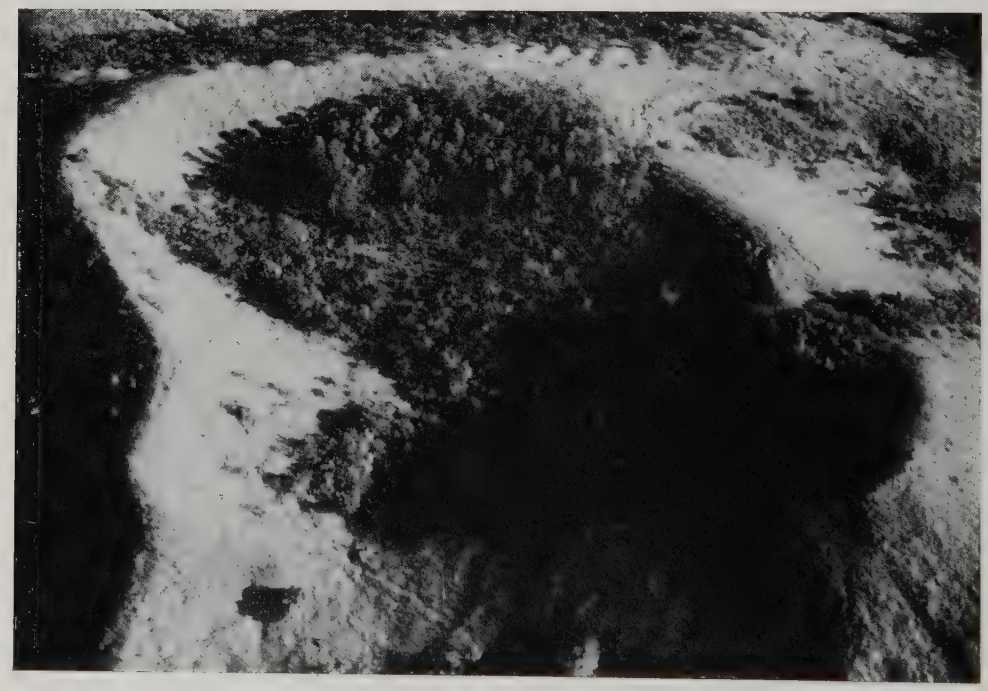
Planche XII

A. et B. — Le récif corallien d'Ankify. Massifs de coraux vivants de la partie supérieure du platier, émergeant par grande basse mer de 0,5 mètre.

A

B *(Photographies R. Battistini)*

A



B *(Photographies R. Battistini)*

A

B *(Photographies R. Battistini)*

A

B *(Photographies R. Battistini)*

A

B *(Photographies R. Battistini)*

A

B *(Photographies R. Battistini)*

belle accumulation simple du type « queue de comète » qui la prolonge du côté sous le vent.

L'île mesure environ cent cinquante mètres de longueur. Sur les faces nord et est, les plus exposées, s'étendent de vastes platiers rocheux dont certains éléments sont au niveau des hautes mers moyennes. Sur la face orientale, plus abritée, il existe une petite mangrove dans l'angle abrité par la queue sous le vent.

L'accumulation sous le vent proprement dite mesure trois cent mètres de longueur, et de vingt à trente mètres de largeur. Elle est submersible à marée haute, à l'exception d'un petit triangle de quelques mètres de côté, à l'enracinement, qui porte quelques buissons et une frange de Patate à Durand. Elle est entièrement sableuse, à l'exception de quelques traînées de petits galets qui, lorsque nous l'avons visitée, s'allongeaient de part et d'autre de la naissance de la queue sur le bas estran. Transversalement, on observe une légère dissymétrie ; la pente sableuse est légèrement plus forte à l'ouest (environ 15%) qu'à l'est (12%). A son extrémité, la queue se recourbe légèrement vers l'est en même temps que son axe s'abaisse au-dessous du niveau de mi-marée. Cette particularité s'explique par l'action de la houle un peu avant que la mer soit basse : seule la houle ayant contourné l'île par l'est modèle à ce moment l'extrémité de la flèche ; la houle venant de l'ouest est en effet coupée par des petits écueils qui commencent à affleurer à la mi-marée, et constituent une protection de ce côté.

3° Les hauts fonds entre Nosy Kisimany Kely et le cap Makamby

Les éléments de platiers immergés qui relient les Kisimany à la terre ferme ne sont pas d'origine corallienne, mais, ainsi que nous l'avons déjà écrit, dérivent de l'arasement d'une ancienne ligne de cuesta. Les observations que nous avons effectuées entre la basse mer et la mi-marée nous ont montré l'existence de nombreux écueils et de platiers rocheux de nature gréseuse, qui rendent la navigation très dangereuse dans ces parages. Ils présentent nettement par endroits une stratification et des pendages vers l'est-nord-est. Nous avons observé de place en place quelques taches d'herbier, et de petits massifs de corail souvent accrochés au rocher.

L'origine première de ces hauts fonds apparaît nettement lorsque l'on fait une coupe transversale ouest-sud-ouest—est-nord-est. Il existe une dissymétrie très nette, avec vers l'ouest une retombée brutale sur des fonds de 5 à 10 mètres (c'est l'ancien front de la cuesta), et vers l'est une descente en pente douce, correspondant au revers arasé.

VII. — LES AMBARIOTELO

Situées à 18 kilomètres au sud-sud-est des Kisimany, le groupe des Ambariotelo comprend une île principale, Nosy Mamoko, deux îlots, Nosy Kely et Nosy Lolo, enfin plusieurs gros écueils qui émergent de plusieurs mètres au-dessus du niveau des plus hautes mers. Le matériel géologique constituant ces îles est le même que celui des Kisimany, c'est-à-dire essentiellement des grés stratifiés du Lias et du Jurassique moyen, affectés d'un pendage général vers l'est. Dans le détail, les couches sont plus déformées, avec de nombreuses petites failles : la face orientale de Nosy Kely montre, par exemple, un très beau plifaille, qui apparaît en coupe presque schématique dans la falaise rocheuse.

L'intérêt des Ambariotelo réside surtout dans le beau récif au vent de la face nord et nord-est de Nosy Mamoko, et dans les curieuses accumulations sous le vent d'aspect filiforme des écueils et îlots situés au nord de l'île principale. Nous décrirons d'abord Nosy Mamoko puis ensuite ces écueils et îlots septentrionaux.

1° *Nosy Mamoko* (Ambariotelo)

Cette île, qui est la plus grande des Ambariotelo, mesure 1300 mètres de longueur, et 800 mètres environ dans sa plus grande largeur (fig. 32). Elle culmine à 92 mètres. Ses pentes, constituées par du grès altéré en surface en un sable argileux latéritique, sont couvertes d'une forêt secondaire très dense, difficilement pénétrable, et où abondent les Makis.

Comme dans toute la baie d'Ampasindava, la houle dominante est la houle du nord, venant de la haute mer. La houle de varatraz devient de moins en moins forte au fur et à mesure que l'on pénètre plus avant dans la baie d'Ampasindava ; à Nosy Mamoko le fetch maximum de cette houle, qui vient des secteurs sud et sud-est, est d'environ 14 kilomètres.

Face à la houle dominante il existe, sur les faces nord et nord-est de l'île, un récif corallien largement développé, mais du type des récifs relativement peu battus, sans levée détritique à têtes de nègres.

En face de la pointe nord, la zonation transversale comprend les éléments suivants, en partant du rivage :

a) En contrebas de la levée de haute mer, constituée par de gros blocs généralement à peine roulés, une étroite frange d'herbier, large de 10 à 50 mètres au maximum, qui découvre aux basses mers de vives eaux.

b) Sur une largeur d'environ 200 mètres, une pente sableuse très douce qui se suit jusqu'aux profondeurs de moins 2 ou 3 mètres au-

dessous du niveau des plus basses mers. Cette pente sableuse porte de nombreux massifs de corail vivant, de quelques mètres carrés à quelques décimètres carrés de surface. La densité du corail augmente au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'herbier.

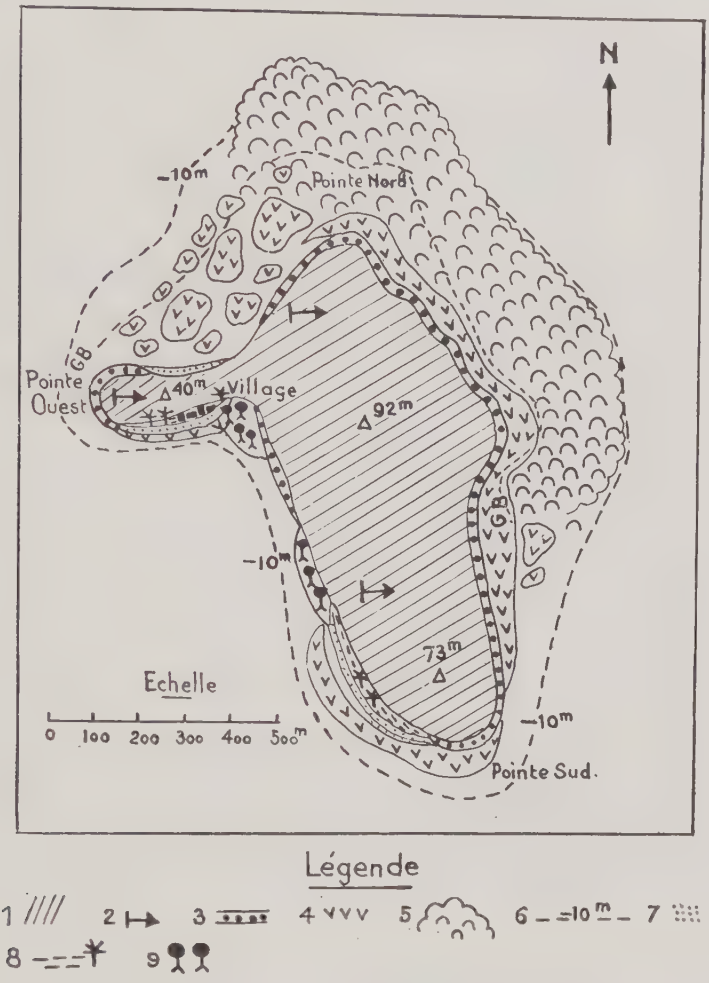


Fig. 32. — Nosy Mamoko.
1 : Partie centrale gréseuse et latéritique de l'île. 2 : Direction de pendage des grès secondaires. 3 : Gros blocs anguleux et galets dans la partie supérieure de l'estran. 4 : Herbier à Cymodocées. 5 : Massifs de coraux vivants et bordure externe du récif. 6 : Courbe bathymétrique de moins 10 mètres. 7 : Haute plage sableuse. 8 : Cordons sableux insubmersibles avec cocotiers. 9 : Palétuviers.

c) Une rupture de pente entre moins 2 ou moins 3 mètres, accompagnée d'une descente rapide sur les fonds supérieurs à 10 mètres.

Ce rebord externe du récif est tapissé par un revêtement presque continu de corail vivant, avec prédominance des espèces de forme massive.

Entre la pointe nord et la pointe ouest, les coraux disparaissent, laissant la place à de vastes herbiers en taches sur fond de sable corallien.

De part et d'autre de la pointe Sud, les coraux disparaissent de même de la zonation transversale. Au nord de la pointe, une frange étroite et continue d'herbier s'étend au pied de la levée de haute mer. Au delà on atteint directement des fonds de sable nu, qui semblent se continuer au moins jusqu'à moins 5 ou moins 6 mètres, et sans doute au delà.

La face orientale de Nosy Mamoko, face au vent, est bordée tout du long par une haute levée de gros blocs ou de plaquettes, entre le niveau de la mi-marée et celui des plus hautes mers. Ces blocs résultent de la destruction de la fausse falaise gréso-argileuse à moitié enfouie sous la végétation. Ils sont généralement à peine usés. De ce côté de l'île, il n'y a pas de plages de sable. Entre la pointe ouest et la pointe nord, il existe une plage de sable face au nord.

Mais les plus belles accumulations sableuses, au nombre de deux, se trouvent sous le vent de l'île. Elles sont dues à la diffraction de la houle d'un seul côté autour des pointes ouest et sud, avec dépôt sous le vent de la pointe. Leur croissance se fait vers le fond de la baie, occupé actuellement par une petite mangrove.

Ces accumulations sous le vent sont encore à un stade embryonnaire. Il faut en chercher la raison probablement dans la proximité de la courbe de moins 10 mètres, qui longe le rivage de très près de ce côté de l'île.

L'accumulation sous le vent, qui porte le village de Mamoko et la cocoteraie, a une centaine de mètres de largeur pour sa partie insubmersible. Elle montre, sur les bords, des formes de progression avec Patate à Durand. En avant de la plage de sable, après avoir traversé un herbier large de quelques mètres, on atteint rapidement par une pente de sable supérieure à 30 degrés, les fonds de 10 mètres et davantage.

L'accumulation sous le vent de la pointe sud présente la même morphologie. La partie insubmersible, qui porte quelques cocotiers, est encore plus étroite. Il y a, ici aussi, une étroite frange d'herbier et une descente brutale sur les fonds de moins 10 à moins 15 mètres.

2° Nosy Kely, Nosy Lolo, et les écueils voisins (fig. 33)

La figure 33 donne la disposition d'ensemble du groupe nord des Ambariotelo. Les deux îlots gréseux de Nosy Kely et de Nosy Lolo

mesurent 250 mètres de longueur, et respectivement 51 mètres et 53 mètres de hauteur. Ils sont entourés par de larges platiers rocheux, dont certains éléments bien aplanis sont au niveau des hautes mers moyennes.

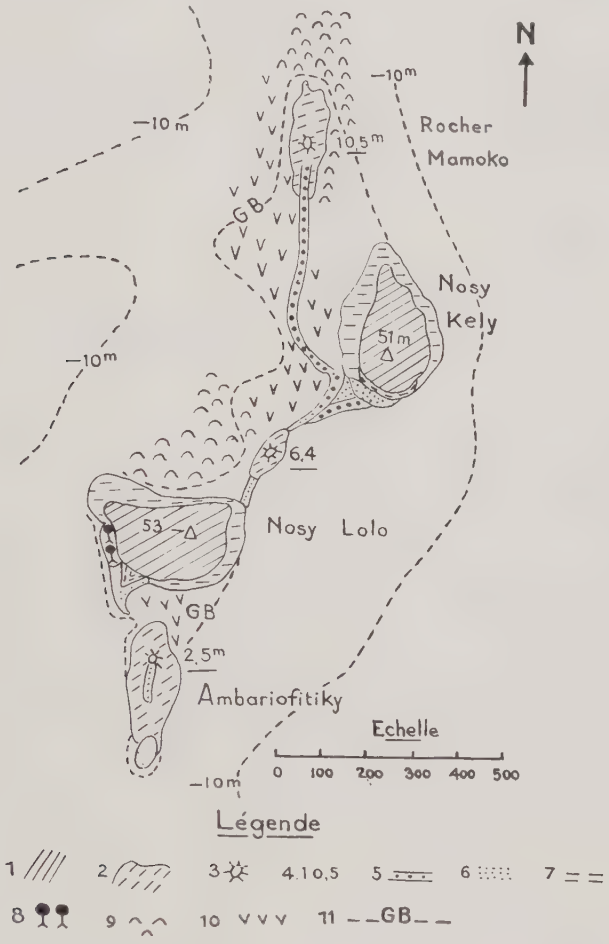


Fig. 33. — Nosy Kely, Nosy Lolo et les écueils voisins.
1 : Parties insubmersibles des îles. 2 : Platier gréseux submersible. 3 : Écueil. 4 : Hauteur des principaux écueils au-dessus du niveau des hautes mers de vives eaux. 5 : Levée de galets ou de gros blocs. 6 : Levée sableuse. 7 : Cordons sableux insubmersibles. 8 : Palétuviers. 9 : Massifs de coraux vivants. 10 : Herbier à Cymodocées. 11 : Laisse des basses mers de vives eaux.

Les écueils principaux sont au nombre de quatre. L'un des écueils, qui porte la cote + 2,1 mètres sur la carte marine 5.204, est séparé

du groupe des autres îles par des profondeurs d'une dizaine de mètres. Les trois autres écueils sont reliés aux plus grandes basses mers aux deux îlots principaux : ce sont au nord le rocher Mamoko (+10,5 mètres), entre Nosy Kely et Nosy Lolo un autre écueil indiqué par la cote +6,4 mètres, enfin au sud du groupe, le platier rocheux d'Ambariofitiky, surmonté par un écueil qui dépasse de 2,5 mètres le niveau des plus hautes mers.

Le rocher Mamoko, Nosy Kely et Nosy Lolo sont reliés à marée basse par de curieuses levées sous le vent, filiformes, que nous avons pu étudier à marée basse. D'autres formes d'accumulation intéressantes existent aussi sous le vent de Nosy Lolo, et à Ambariofitiky.

Le Rocher Mamoko

C'est un platier gréseux de 250 mètres de longueur, allongé dans le sens nord-sud. Il est surmonté dans sa partie centrale par un rocher abrupt en forme de champignon, haut de 10,5 mètres, posé sur un élément de plateforme de haute mer.

Face à la houle dominante, il existe d'assez nombreuses colonies de coraux qui restent immergées à basse mer sous 1 mètre à 3 mètres d'eau, constituant l'ébauche d'un récif au vent. Sous le vent s'allonge une queue de matériaux détritiques extrêmement curieuse, dont l'enracinement est sur le platier rocheux, un peu au sud du rocher champignon. L'allure générale est celle d'une lanière longue de 450 mètres, d'une largeur moyenne de 10 mètres à la base et 2 ou 3 seulement au sommet, qui émerge de 1 à 1,5 mètre à basse mer. Elle est entièrement submersible à marée haute. Les matériaux qui la constituent sont de grosses dalles de grès atteignant 60 centimètres de grande dimension. Entre ces blocs de grande taille, qui sont à peine façonnés par la mer, sont coincées des plaquettes plus petites, de quelques centimètres de grande dimension. Seuls les vingt derniers mètres à l'extrémité de la queue, sont constitués par du sable.

L'origine du matériel rocheux de la levée ne pose pas de problèmes ; le platier du rocher Mamoko est constitué par des bancs redressés de grès du Lias et du Jurassique moyen qui se débitent facilement soit en grosses dalles, soit en plaquettes, suivant la puissance des strates. La fourniture de matériaux grossiers à la dérive littorale est donc certainement abondante. Mais ce qui est plus difficile à expliquer, c'est comment ces dalles de si grande taille ont pu être transportées en grand nombre sur une distance de plusieurs centaines de mètres. Sans doute sommes-nous en présence d'une levée de tempête, car aucune houle ordinaire ne serait capable de remuer en temps normal d'aussi gros blocs.

L'aspect général de l'accumulation, qui, un peu avant la marée basse, ressemble à une étroite diguette émergeant de quelques dizaines de centimètres hors de l'eau, et sa largeur très constante sur des centaines de mètres, frappent l'observateur. On pense à une œuvre humaine. Mais force est d'admettre qu'il s'agit d'une forme naturelle, d'une régularité étonnante. Il peut être intéressant de remarquer que les plus belles queues en « lanière » sont généralement construites avec des matériaux grossiers. La queue sous le vent de Berafia, dans les îles Radama, est faite de galets de basalte. La grande taille des matériaux ne semble pas un obstacle, bien au contraire, au calibrage de la lanière et à la perfection de sa forme. La queue du rocher Mamoko en fournit ici la preuve. Il existe des queues en « lanière » construites avec du sable, par exemple celle d'Ambariobe, entre le Lokobe et Nosy Komba ; mais avec du matériel sableux, il ne semble pas que la nature parvienne à réaliser des formes en lanières aussi parfaites.

Nosy Kely (Ambariotelohely)

Nosy Kely possède une ébauche d'accumulation sableuse insubmersible sous le vent. Dans la zone intertidale le prolongement submersible de cette accumulation, surtout constitué par des galets, est nettement retroussé vers l'ouest sous l'action de la houle dominante diffractée après avoir contourné l'île par l'est. Il est possible qu'il faille faire intervenir aussi l'action de la houle de varatraz, pour expliquer la direction de ce prolongement, qui se trouverait dans une position d'équilibre entre l'action des deux systèmes de houle. Sur le socle de galets s'allonge, dans l'axe de l'accumulation, une étroite lanière de sable (1 à 2 mètres de largeur seulement par endroits), qui n'émerge qu'à grande mer basse, et relie alors Nosy Kely à l'écueil portant la cote 6,4 mètres. Sous le vent de ce dernier écueil s'étend un autre petit cordon submersible, constitué par des galets, qui relie l'écueil à Nosy Lolo.

Nosy Lolo (Ambariondolo)

La morphologie de détail de l'accumulation sous le vent de Nosy Lolo est donnée par la fig. 34. Cette queue est presque entièrement constituée par de petites plaquettes de grès, qui s'imbriquent curieusement entre elles sur l'estran, et se mettent dans la position verticale, formant des festonnements (voir la photographie).

Elle comprend une partie insubmersible de forme triangulaire, longue d'une cinquantaine de mètres, qui porte une végétation de buissons. La partie de la queue située dans la zone intertidale est constituée en majeure partie par des plaquettes de grès, et à son extré-

mité, qui émerge seulement à basse mer, par une petite accumulation recourbée vers l'est de sable et de gravillon corallien.

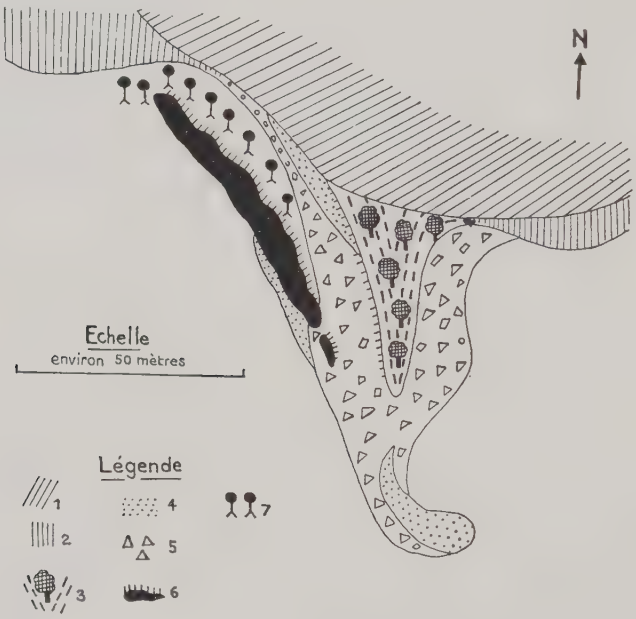


Fig. 34. — L'accumulation sous le vent de Nosy Lolo.
1 : Partie centrale gréseuse de l'île. 2 : Platier gréseux submersible. 3 : Partie insubmersible de l'accumulation sous le vent, avec buissons. 4 : Sable et gravillon corallien. 5 : Levée de blocs et de plaquettes de grès. 6 : Beach rock. 7 : Palétuviers.

La partie insubmersible de la queue est attaquée légèrement en microfalaise sur sa face occidentale. C'est aussi de ce côté qu'affleure le beach rock, en de grandes dalles indiquées en noir sur la fig. 34. Ces deux faits sont un indice d'un déplacement vers l'est de l'axe de la queue, par suite sans doute d'une modification de l'angle d'incidence de la houle.

En arrière et à l'abri du banc de beach rock, qui forme une micro-cuesta sur l'estran, une petite mangrove occupe l'angle compris entre la queue sous le vent et le platier rocheux occidental de l'île.

Ambariofiliky (fig. 35)

Long de trois cent mètres du nord au sud, le platier gréseux d'Ambariofitiky présente la particularité de porter une belle mangrove

sur rocher, dans une position assez peu abritée. A haute mer de vives eaux seul émerge l'écueil central qui porte la cote 2,5 mètre. Cet écueil, abrupt de tous les côtés comme l'écueil central du rocher Mamoko, repose sur une plate-forme de haute mer qui recoupe en biseau les strates gréseuses, dont les pendages vers l'est-nord-est sont de l'ordre de 15 à 20 degrés. Sur cette forme, les grès sont attaqués par la corrosion (microtaffonis, corrosion en auréoles, etc...).

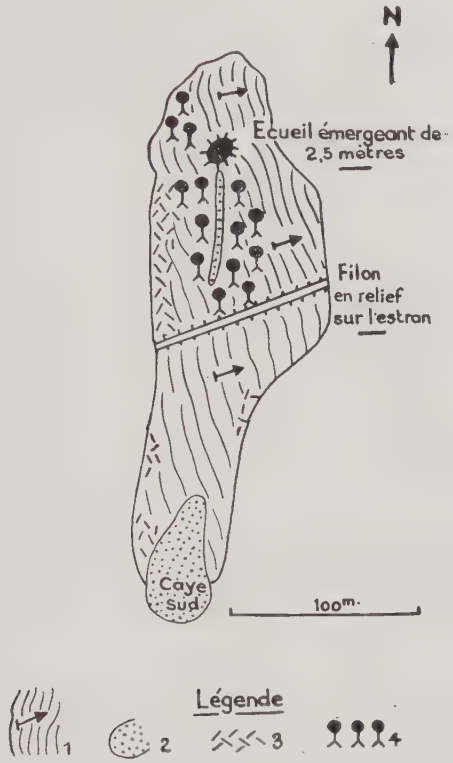


Fig. 35. — Ambariofitiky.
1 : Strates gréseuses et direction des pendages. 2 : Sable et gravillon corallien. 3 : Levée de plaquettes de grès. 4 : Mangrove sur rocher.

Les matériaux libres qui permettraient une érosion mécanique sont soit rares, soit complètement absents. C'est seulement en contre-bas de la plate-forme de haute-mer, généralement limitée par une brusque rupture de pente, que l'on trouve des amas notables de plaquettes et de bâtonnets de grès, qui semblent à peine façonnés par les vagues.

Dans la partie la plus élevée du platier il existe une petite accumulation sableuse en traînée, longue de 50 mètres, flanquée de chaque côté par les palétuviers. Une autre accumulation en forme de caye, constituée par du sable corallien, occupe l'extrême pointe sud de l'écueil.

CHAPITRE III

LE DELTA DU SAMBIRANO

Pour l'étude géomorphologique du delta (1), la carte au 1/20.000e en courbes de niveau levée par la S.A.T.E.T. pour le compte du Service Général du Génie Rural donne une idée précise du relief de la partie interne du delta ; levée dans le but de servir de base aux travaux d'irrigation et de drainage des parties cultivables du delta, elle a l'inconvénient de ne pas couvrir la zone des mangroves.

Il existe aussi un plan cadastral levé par le Service Topographique à l'échelle de 1 /20.000e. Ce plan présente l'avantage de fournir une toponymie, absente de la carte précédente.

L'étude pédologique du delta du Sambirano a été faite en 1953 par P. Segalen et J.R. Ratasilahy. Elle a donné lieu au lever d'une carte pédologique au 1 /50.000e de la plaine du Bas-Sambirano, publiée par l'Institut de Recherche Scientifique de Madagascar.

Pour l'étude de la bordure maritime du delta, on peut se servir des cartes marines n° 5561, à l'échelle du 1 /335.200e et n° 5264, à l'échelle du 1 /100.340e. Le document fondamental demeure la couverture aérienne faite par le Service Géographique de Madagascar, à l'échelle approximative du 1 /45.000e. C'est surtout ce document qui nous a servi tant à l'étude sur le terrain qu'aux travaux de cartographie géomorphologique.

Les cartes géologiques couvrant la région du delta sont la feuille des Comores et de Diégo-Suarez (feuille n° 1) de la couverture de Madagascar au 1 /500.000e, et la feuille d'Ambanja au 1 /200.000e.

I. — GÉNÉRALITÉS

La plaine du Bas-Sambarino s'étend entre la presqu'île d'Ambato et le fond de la baie d'Ampasindava sur 40 kilomètres de longueur et 15 kilomètres de largeur. Elle est sensiblement moins large que la plaine d'Ambilobe, résultat de la coalescence des deltas de la Mahavavy et de l'Ifasy qui, au nord de la presqu'île d'Ambato, s'étend sur 130 kilomètres de longueur et 28 kilomètres de largeur.

Deux différences fondamentales entre le delta du Sambirano et celui de la Mahavavy-Ifasy doivent tout d'abord être soulignées. Contrairement à la plaine deltaïque d'Ambilobe, la plaine d'Ambanja englobe deux importants massifs intrusifs, le massif d'Ankify et celui

(1) Depuis notre mission, le Service Géographique de Madagascar a fait paraître la carte d'Ambanja au 1/100.000e (feuille S. 34), qui couvre la partie méridionale du delta.

du Sambirano. Ces massifs, qui culminent respectivement à 385 et 317 mètres, dominent par des pentes abruptes la partie externe de la plaine deltaïque d'Ambanja et la zone de la mangrove. Le delta s'est appuyé, au cours de sa croissance, sur ces deux môles qui étaient auparavant des îles.

Une seconde différence importante avec la plaine d'Ambilobé est l'absence d'un pédiment latéritisé entaillé dans les grès de l'Isalo et en continuité topographique avec la plaine deltaïque. La limite interne du delta, sur 40 kilomètres entre l'enracinement de la presqu'île d'Ambato et Jangoa, est un talus rectiligne, entaillé dans les formations gréseuses de l'Isalo ; les alluvions du delta viennent butter contre le pied de ce talus, sans interposition d'un bas pédiment du type de celui de la région d'Ambilobe. La limite interne de la zone alluvionnaire correspond sensiblement au contact entre le pied du talus et des collines gréseuses et le début de la plaine.

Vers le sud, la plaine deltaïque du Sambirano se prolonge jusqu'à la pointe d'Ambodimadiro par les petites plaines côtières étroites des rivières Mailaka, Jangoa et Ampasikely.

Vers le nord-est, la limite de la plaine est constituée par l'enracinement occidental de la presqu'île d'Ambato. Une dépression occupée par des marécages fait communiquer, en arrière de la presqu'île d'Ambato, la plaine du bas Sambirano avec les petites plaines côtières du fond de la baie d'Ambaro.

Le fleuve Sambirano prend sa source dans le massif du Tsaratanana. La surface du bassin de drainage du Sambirano et de son affluent principal la Ramena, est de 2.750 kilomètres carrés à Ambanja. L'hypsométrie du bassin s'établit comme suit :

8,1% au-dessous de 200 m d'altitude ;
16,6% entre 200 m et 500 m ;
41% entre 500 m et 1.000 m ;
17,3% entre 1.000 m et 1.500 m ;
3,4% entre 1.500 m et 2.000 m ;
8,6% entre 2.000 m et 2.880 m.

Les débits moyens mensuels en mètre cube /sec, du fleuve Sambirano à Ambanja pour la période 1952-54, sont les suivants :

Juillet	33,1	Janvier	326
Août	31,5	Février	235,5
Septembre	33,5	Mars	278
Octobre	28,3	Avril	185
Novembre	35,4	Mai	282
Décembre	89,1	Juin	44,3

La moyenne annuelle est de 133,5 mètres cube /sec. On distingue une période d'étiage qui se prolonge depuis le mois de juin jusqu'au mois de novembre inclus, et qui correspond à la saison dite sèche

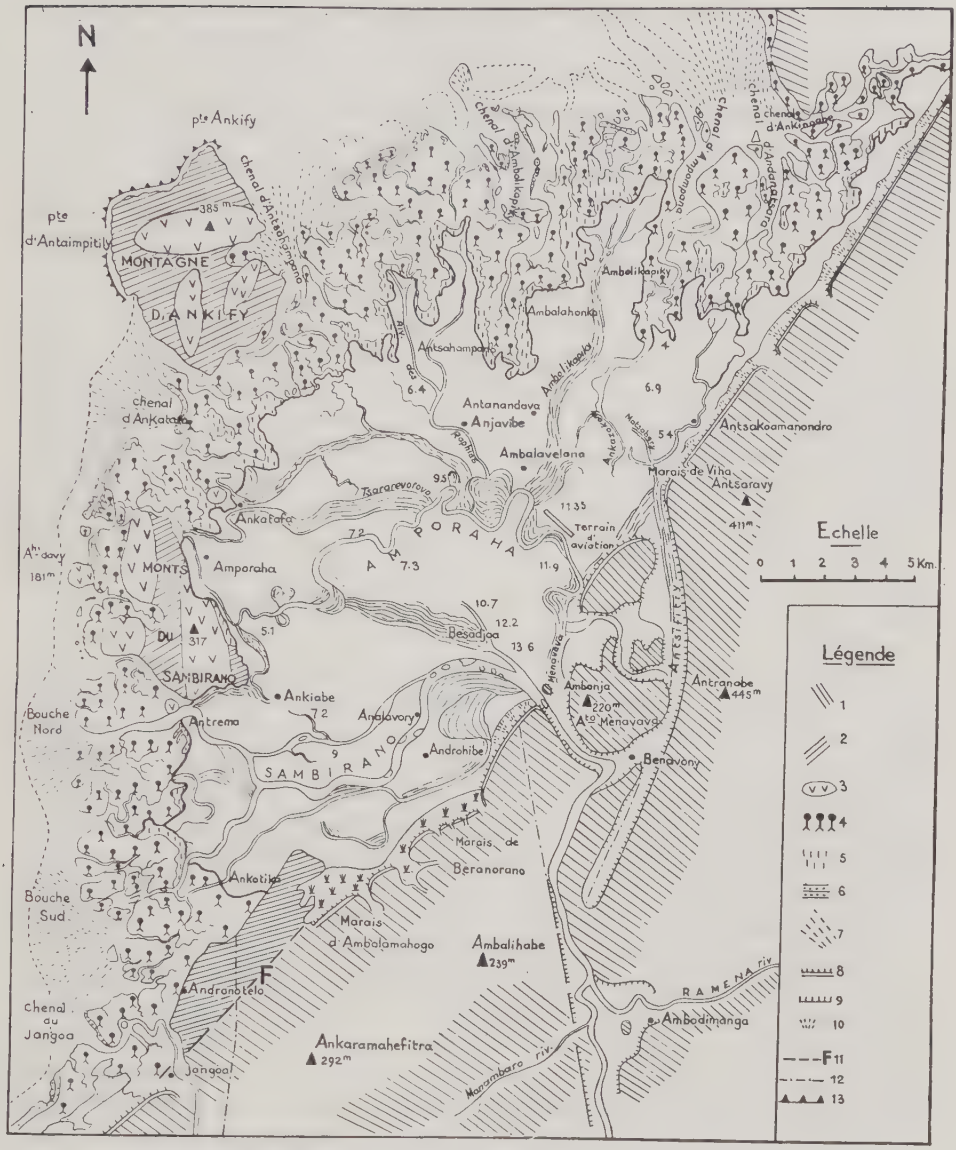


Fig. 36. — Croquis morphologique du delta du Sambirano.
1 : Isalo 1 continental (Karroo supérieur). 2 : Lias. 3 : Roches éruptives post-Karroo. 4 : Mangrove. 5 : Zone de vase nue entre la mangrove centrale et la laisse de haute mer. 6 : Cordons sableux. 7 : Accumulations sableuses en éventail sur le front du delta. 8 : Grand talus tectonique du bas Sambirano. 9 : Abrupt important d'origine indéterminée. 10 : Épandages de piedmont sableux en avant du grand talus du bas Sambirano. 11 : Faille reconnue géologiquement. 12 : Cassure avec ou sans rejet. 13 : Récif corallien frangeant d'Ankify.

(comparer les chiffres des débits moyens mensuels avec les chiffres des pluies mensuelles). La grande crue commence en décembre, avec un maximum en février et mars. Elle se termine en mai.

Les alluvions deltaïques du *bas-Sambirano* sont en grande partie couvertes de cultures. Les cultures arbustives comprennent le caféier, le poivrier, le cacaoyer, le vanillier, et des plantes à parfum, surtout l'ylang-ylang. De grandes étendues sont occupées en outre par des cultures de manioc, de maïs et de canne à sucre. Les parties basses sont en partie aménagées en rizières.

La mise en valeur a surtout été faite par deux grandes sociétés, la Compagnie Nossibéenne de Culture et la Société L. Millot.

La population est en majeure partie sakalava, mais comprend de plus en plus de Tsimihety, race dont le centre est Bealanana, mais qui est actuellement en pleine expansion vers l'ouest et le sud-ouest. Il faut citer aussi les nombreux Antandroy, venus du sud de Madagascar travailler sur contrat dans les concessions.

II. — LA BORDURE INTERNE DU DELTA

1° L'origine du grand talus interne

La partie interne du delta est dominée, depuis les marécages d'Ambalamahogo jusqu'à l'enracinement de la presqu'île d'Ambato, par un accident rectiligne et abrupt entaillé dans les grés de l'Isalo, que nous désignons sous le nom de grand talus interne du delta du Sambirano. La direction de cet accident, qui limite la plaine deltaïque, est nord-nord-est—sud-sud-ouest. Son commandement, généralement inférieur à une centaine de mètres au nord d'Antsakoamanondro, atteint 120 à 140 mètres au sud de ce village entre l'Antsifitry et les marais de Bemangoka, ainsi qu'au sud d'Ambanja.

La carte géologique indique, exactement dans le prolongement méridional du grand talus interne du delta du Sambirano, l'existence d'une faille de même direction mettant en contact anormal l'Isalo 1 et le Lias et le Jurassique moyen à faciès mixte, à l'enracinement de la presqu'île d'Ampasindava. L'affleurement de Lias situé au nord de Jangoa est aussi en contact anormal avec l'Isalo. Au nord du delta de la Mahavavy, une grande faille de même direction met en contact anormal les calcaires du Jurassique moyen qui constituent le causse de l'Ankarana et les basaltes quaternaires de la montagne d'Ambre. On remarque que cette grande faille, qui limite vers l'ouest le causse de l'Ankarana, est exactement dans le prolongement septentrional de la faille du bas-Sambirano. Il est probable qu'il s'agit du même accident fondamental qui se suivrait dans ce cas sur 160 kilomètres au moins. L'origine tectonique du grand talus intérieur du delta du Sam-

birano ressort de l'examen géologique et géomorphologique. Son tracé rectiligne, son identité de direction et sa continuité avec une grande faille reconnue géologiquement par des contacts anormaux, sont des preuves péremptoires en faveur d'une telle interprétation.

La faille de l'Ankarana est quaternaire, si les basaltes qu'elle à dénivelés ont bien été mis en place au quaternaire. En ce qui concerne la grande faille du delta du Sambirano, les mêmes arguments en faveur d'un rejeu récent ne peuvent être apportés. On ne connaît pas en effet dans la région du delta de sédiments quaternaires dénivelés par faille. Nous n'avons pu metter en évidence l'existence de facettes de faille qui permettent, dans certains cas, de prouver la nature tectonique d'un accident de relief, et le jeu récent d'une faille : on peut supposer qu'elles ont été détruites au fur et à mesure de leur formation à cause de la nature meuble des sédiments gréseux de l'Isalo, qui sont pourris généralement sur une épaisseur de plusieurs dizaines de mètres. La faille principale n'est pas directement observable ; son tracé se trouve vraisemblablement un peu en avant du grand talus et des collines gréseuses, et le plan de fracture est voilé par les alluvions du delta. L'examen des ravines et des carrières dans le grand talus au nord d'Antsakoamanondro révèle seulement l'existence de nombreuses cassures secondaires dénivelant les lits de galets inclus dans la masse des grès de l'Isalo. Entre les kilomètres 212 et 213 de la route de Diégo Suarez, l'une de ces failles est visible dans la tranchée de la route. Les grès de l'Isalo, affectés d'un pendage vers le nord-est de l'ordre de 20 degrés, sont dénivelés par une faille légèrement oblique. Le plan de fracture est souligné par une veine argileuse épaisse de 2,50 mètres qui interrompt la continuité des horizons gréseux. D'autres petites failles semblables sont visibles à proximité. Ces failles secondaires jouent un rôle morphologique. Elles orientent le tracé de certaines ravines qui entaillent le talus. Plusieurs ravines des buttes abruptes situées entre l'Antsifitry et la Menavava, à talweg oblique par rapport à la ligne naturelle de plus grande pente, suivent de telles lignes de cassures des grès. A l'est de Benavony, la disposition en un réseau orthogonal des rivières secondaires entaillant les terrains de l'Isalo s'explique de la même manière : les lignes de fractures avec ou sans rejet ont déterminé dans une large mesure la mise en place du chevelu hydrographique.

On connaît sur le bord sud-ouest de la plaine du bas-Sambirano un autre grand abrupt tectonique de direction presque perpendiculaire (nord-nord-ouest—sud-sud-est) au grand talus interne du delta. Cet accident montre des facettes de faille typiques (fig. 16 du cours de A. Guilcher sur Madagascar, p. 50). On ne peut en conclure pourtant que la faille du moyen Sambirano ait rejoué plus récemment que celle de la partie interne du delta. Les facettes sont en effet conservées

ici dans des gneiss, beaucoup plus résistants à l'érosion que les grès de l'isalo.

Ce qui est certain, c'es que nous nous trouvons dans une région très instable au point de vue tectonique. Aux mouvements à grand rayon de courbure, générateurs des grands massifs (Tsaratanana, Manongarivo) se superposent des mouvements verticaux, avec jeu de failles jusqu'à une époque très récente.

2° Les surfaces d'érosion anciennes latéritisées

Un problème particulier est posé par l'absence, dans la région du bas-Sambirano, d'un bas pédiment latéritisé semblable à celui décrit par A. Guilcher (1956) dans la plaine d'Ambilobé. Pourtant l'affleurement des grès de l'Isalo sur une grande largeur en arrière du delta remble offrir ici à première vue à l'érosion des conditions sensiblement identiques à celles présentes dans la région de la basse Mahavavy.

Il faut remarquer d'abord que les surfaces d'érosion ne sont pas absentes de la région du bas-Sambirano. Bien au contraire, elles sont largement développées dans les grès de l'Isalo et le Lias : dans la presqu'île d'Ambato, à la périphérie est et au sud du massif d'Ankify et surtout en arrière de la zone deltaïque à l'est d'Antsakoamanondro et autour d'Antanambo sur la route de Diégo. Aux environs de ce dernier village les tranchées de la route montrent les grès de l'Isalo, affectés fréquemment de pendages atteignant 20 degrés, recoupés en biseau par une surface d'érosion latéritisée. Cette surface, qui se trouve à 80 mètres d'altitude aux environs du village d'Antanambao, est dominée par des reliefs résiduels façonnés dans le même matériel géologique.

Dans la presqu'île d'Ambato il existe un vaste niveau de pédimentation. Les grès de l'Isalo et les coulées basaltiques ont été nivelés sur de grandes étendues. Ils sont dominés par le relief imposant et abrupt du Mont Ambato (455 m) qui correspond à une importante intrusion éruptive post-Karroo de granites et de microgranites formant saillie au milieu des terrains sédimentaires plus tendres.

Les lambeaux de surface d'érosion qui ceinturent à l'est et au sud le massif d'Ankify sont nettement en contre-bas de la surface d'Antanambao (20 à 25 mètres d'altitude au lieu de 80). Ils correspondent à l'affleurement de roches sédimentaires (grès et calcaires du Lias) moins résistantes à l'érosion que les roches éruptives (surtout syénites néphéliniques) qui constituent le cœur du massif.

En l'absence de cartes à une échelle suffisante, il est impossible de cartographier avec précision ces différents fragments de surfaces d'érosion. On peut cependant dégager quelques caractères généraux. On observe toujours une pourriture de la roche en place sur une grande

épaisseur. L'extension des surfaces façonnées dans le matériel gréseux de l'Isalo correspond sensiblement au figuré de la « carapace sableuse » de la carte géologique au 1/500.000e. Cette carapace représente en réalité la plupart du temps les grès de l'Isalo décomposés sur place sur une grande épaisseur (souvent plus de 20 mètres). Les galets, surtout quartzeux, et disposés en lits parallèles, ont résisté à la décomposition et gardé leur disposition primitive dans la masse du grès décomposé. Certaines coupes, entre Antanambao et Ambaliha, montrent une évolution latéritique plus ou moins poussée de la roche en place pourrie, avec individualisation d'horizons jaunes, rouges, et blancs. A la base des coupes on passe progressivement de l'horizon blanc inférieur au grès à peine décomposé.

Les fragments de surfaces d'érosion sont facilement disséqués, du fait de la pourriture de la roche en place, en un dédale de petites collines. Généralement la roche saine affleure seulement dans les fonds de talwegs dans le lit des cours d'eau.

Aucun des lambeaux de surface d'érosion que nous avons parcourus ne porte de témoins sédimentaires discordants qui permettraient une datation. On ne peut donc établir aucune correspondance certaine entre les différents lambeaux de surfaces observés. L'examen des photographies aériennes et les observations sur le terrain nous portent cependant à croire qu'il y a continuité et contemporaineté entre le bas pédiment latéritisé de la plaine d'Ambilobé, et les fragments de surfaces d'érosion anciennes latéritisées de la région du bas-Sambirano et de la presqu'île d'Ambato. Dans le premier cas (plaine d'Ambilobe) la transgression flandrienne a envahi une partie surbaissée de ce grand pédiment général dont la surface a été recouverte en partie par les épandages deltaïques. Dans le second cas (bas-Sambirano) la transgression flandrienne est venu butter, au contraire, contre l'abrupt de faille rectiligne du bas-Sambirano qui correspondrait à la fracturation du même pédiment le long de la grande fracture côtière fondamentale de direction nord-nord-est—sud-sud-ouest.

3° Les petits épandages de piédmont

Au nord d'Antsakoamanondro, la route de Diégo-Suarez longe le pied du grand talus interne sur 8 kilomètres environ. Elle traverse en tranchées des reliefs surbaissés découpés par des ravines en de multiples lanières allongées perpendiculairement à la direction générale du grand talus. Les coupes observables dans les tranchées de la route montrent que ces reliefs sont constitués non par les grès de l'Isalo en place, mais par des épandages en avant du grand talus. Le matériel siliceux et les nombreux galets de quartz qui constituent ces épan-

dages proviennent directement de la destruction et du recul du grand talus.

Des lits argileux s'intercalent localement entre les lits sableux.

Il est difficile de déterminer si ces dépôts, qui correspondent à un étroit piedmont en bordure de la ligne de collines, sont antérieurs ou postérieurs à la mise en place du delta. En général, ils semblent s'ennoyer sous les dépôts argileux des marécages situés au sud (marais de Vies) et au nord d'Antsakoamanondro. Des petits deltas siliceux correspondent au débouché des ravines qui descendent du grand talus. Ils sont certainement de formation actuelle, et viennent en recouvrement par-dessus les alluvions de la plaine.

Lors des grandes pluies de février 1957, il s'est produit des épandages spectaculaires, larges par endroits de 200 mètres, constitués par du sable de décomposition des grès de l'Isalo, entraîné par ruissellement sur les pentes du grand talus et étalé en nappe au pied de ce dernier. Ces épandages actuels, preuves du peu de résistance qu'offrent les collines gréseuses décomposées à l'action du ruissellement, ont obturé en plusieurs endroits la piste d'Ambanja à Jangoa, dans le sud du delta. La coupe donnée par le sondage d'Ambanja (fig. 43) situé à peu de distance du pied des collines gréseuses, montre l'existence, entre 5 et 7,5 mètres de profondeur, d'intercalations de sable et de galets en provenance de l'Isalo, dues vraisemblablement à des épandages du type de ceux que l'on observe encore actuellement ; ces dépôts siliceux grossiers sont postérieurs au niveau madréporique et alternent avec des strates argileuses ou sableuses fluviatiles qui correspondent aux différentes phases de l'accroissement et de l'exhaussement du delta.

III. — LA PLAINE DELTAIQUE

1° Pente du delta du Sambirano

Comme dans tous les deltas, l'irrégularité de détail du relief, avec levées, lits et cuvettes, et l'irrégularité du profil en long des lits mineurs, avec des seuils et des mouilles, rend difficile la détermination de pentes moyennes. Les cotes d'altitude les plus élevées de la plaine deltaïque se trouvent, comme cela est normal, dans la partie la plus interne du delta à la pointe de l'éventail : 13, 6 mètres à Ambanja (le zéro étant celui des grandes basses mers). Sur un profil orienté est-ouest, d'Ambanja à Ankatafa, nous trouvons une pente moyenne de 0,95 pour 1.000 sur 9.200 mètres. Sur un profil orienté sud-nord d'Antanandava aux bouches de l'Ambolikapiky, la pente moyenne est de 0,78 pour 1.000 sur 12.150 mètres. Sur un profil est-nord-est—ouest-sud-ouest Ambanja-Ankotika, la pente moyenne est de 0,97

pour 1.000 sur 10.800 mètres. Les pentes calculées sont sensiblement identiques à celles données par A. Guilcher pour le delta de la Mahavavy, et inférieures pour les trois profils à 1 pour 1.000

On remarque aussi que la pente moyenne la plus forte correspond à la direction actuelle suivie par le lit principal du Sambirano. Ces pentes moyennes ont une valeur relativement élevée pour une plaine deltaïque.

2° Morphologie de la plaine deltaique

Comme dans tous les deltas, on retrouve ici la morphologie classique avec des lits mineurs sableux fonctionnels ou abandonnés, des méandres en voie d'évolution rapide et des méandres recoupés, des chenaux entrelacés, des levées, et des cuvettes et rigoles de débordement.

a) *Le lit principal et les exutoires de crue.*

Actuellement les eaux se jettent en période d'étiage au sud des monts du Sambirano, dans la partie méridionale du delta. Le lit principal se divise en deux à Ankotika. La plus grande partie des eaux se dirige vers le nord-ouest et atteint la mer aux bouches d'Antrema, immédiatement au sud des monts du Sambirano. La bouche sud se trouve 5 kilomètres plus au sud.

Entre Ambanja et Ankotika le lit principal est large de 200 à 300 mètres. En période d'étiage les filets d'eau serpentent entre de nombreux bancs de sable. Les berges, hautes de deux à trois mètres, sont entaillées dans des argiles micacées qui reculent rapidement sur la rive concave des méandres.

Le fond du lit mineur est à la cote 10,1 mètres à Benavony, à 3.500 mètres en amont d'Ambanja, à 6,2 mètres au nord d'Androhibe, et à 5 mètres à Ankotika. Cela fait une pente moyenne nettement plus faible que la pente générale de la plaine deltaïque, et voisine de 0,4 pour 1.000 si l'on tient compte des irrégularités du tracé fluvial.

Il existe un grand nombre d'autres lits fluviaux, dont certains ont pu être jadis des lits principaux suivis par le Sambirano même en période d'étiage. La plupart de ces lits redeviennent fonctionnels lors des grandes crues, comme celle de février 1957 au cours de laquelle la moitié de la plaine deltaïque a été inondée.

Il faut d'abord remarquer que le débouché actuel du Sambirano dans la plaine, au sud de la butte d'Ambanja (qui porte les bâtiments des Travaux Publics) est relativement récent. Le fleuve en cet endroit s'engage dans une gorge étroite ; les versants qui dominent le lit fluvial, entaillés dans les grès de l'Isalo, sont abrupts, et n'ont pas eu encore le temps de reculer notablement.

Autrefois le Sambirano suivait la large vallée de l'Antsifitry et débouchait dans la plaine non à Ambanja, mais entre Madirofolo et les marais de Vies, c'est-à-dire à 6 kilomètres du débouché actuel. Une partie des eaux du Sambirano a retrouvé cet ancien lit lors de la crue de 1945, et a rejoint la mer soit par l'Ankazokony, le Matsabory et l'Antsakoamanondro soit par les marais de Bemangoka et l'Amporaha. L'Antsifitry n'a pas été suivi par les eaux lors de la crue de 1957. La Menavava, entre les collines de Bemangoka et la butte des Travaux Publics d'Ambanja, est utilisée par les eaux du Sambirano lors de toutes les crues importantes. C'est par la Menavava qu'une grande partie de la ville d'Ambanja a été inondée lors de la crue de Février 1957. Les eaux de la Menavava rejoignent l'Amporaha au sud d'Antanandava.

Fig. 37. — Le microdelta digité de la rivière des Raphias.
1 : Alluvions argileuses fluviatiles du microdelta. 2 : Frange interne de palétuviers. 3 : Zone de vase nue. 4 : Mangrove centrale.

L'Amporaha est actuellement le plus important des lits de crue du Sambirano ; il a canalisé une large fraction des eaux de la crue de

1957. Il est alimenté par la Menavava et par le Besadjoa. En aval d'Antanivony, il se divise en deux contre les monts du Sambirano. Une partie des eaux se jette au nord des monts, aux bouches de l'Amporaha. Une autre partie longe le pied du massif intrusif vers le sud et rejoint au sud-ouest d'Ankeririaky la bouche d'Antrema, exutoire principal du Sambirano. En période de crue, les cuvettes de débordement et les fonds d'anciens méandres recoupés sont recouverts par les eaux. Lors de la crue de 1957 la quasi totalité des terres comprises entre le Besadjoa et le lit principal du Sambirano s'est trouvée submergée. A toutes les crues importantes les eaux de l'Amporaha débordent vers le nord et rejoignent la mer par la rivière des Raphias. La crue de 1945 a suivi aussi la rivière d'Ambolikapiky, déversoir exceptionnel de l'Amporaha prenant au nord-ouest du terrain d'aviation.

A la rivière des Raphias et à l'Ambolikapiky correspondent des microdeltas de crue digités semblables en miniature au delta du Mississipi. A leur arrivée à la périphérie de la plaine deltaïque, ces deux rivières se divisent en effet en plusieurs bras. A chaque bras actif correspond une digitation du microdelta, en progression sur la zone de la mangrove. En période d'étiage, ni la rivière des Raphias, ni l'Ambolikapiky n'ont de communication avec l'Amporaha et le Sambirano ; leur rôle se borne alors à celui de drains d'évacuation des eaux de pluie tombées dans la partie du delta qu'elles traversent.

b) *Les méandres*

Comme sur tous les deltas, les lits fluviaux sont affectés de méandres libres ou divagants, généralement disposés en trains. Il y a une relation entre le calibre du lit fluvial et celui des méandres. L'Amporaha montre les plus beaux exemples de méandres, à différents stades d'évolution. Les rives concaves sont abruptes et reculent rapidement dans les limons micacés et stratifiés des berges. Les lobes convexes montrent généralement un grand nombre de levées séparées par des sillons correspondant à autant de stades de l'évolution du méandre.

La plus belle collection de méandres recoupés et abandonnés avec formation de bras morts peuplés de *Typhonodorum lindleyanum* (mangoaka) se trouve à 1 kilomètre au sud d'Anjavibe (photographies aériennes 017-194 et 017-257) : il y a là 7 méandres anciens recoupés, avec marécages dans les bras morts et microlevées de lobes convexes. En aval, toujours sur l'Amporaha, trois beaux méandres recoupés sont reconnaissables prés d'Antanivony (photographie aérienne 017-243). Les méandres actuels interfèrent avec les méandres anciens. On remarque la tendance de la rivière à méandriser toujours aux mêmes endroits.

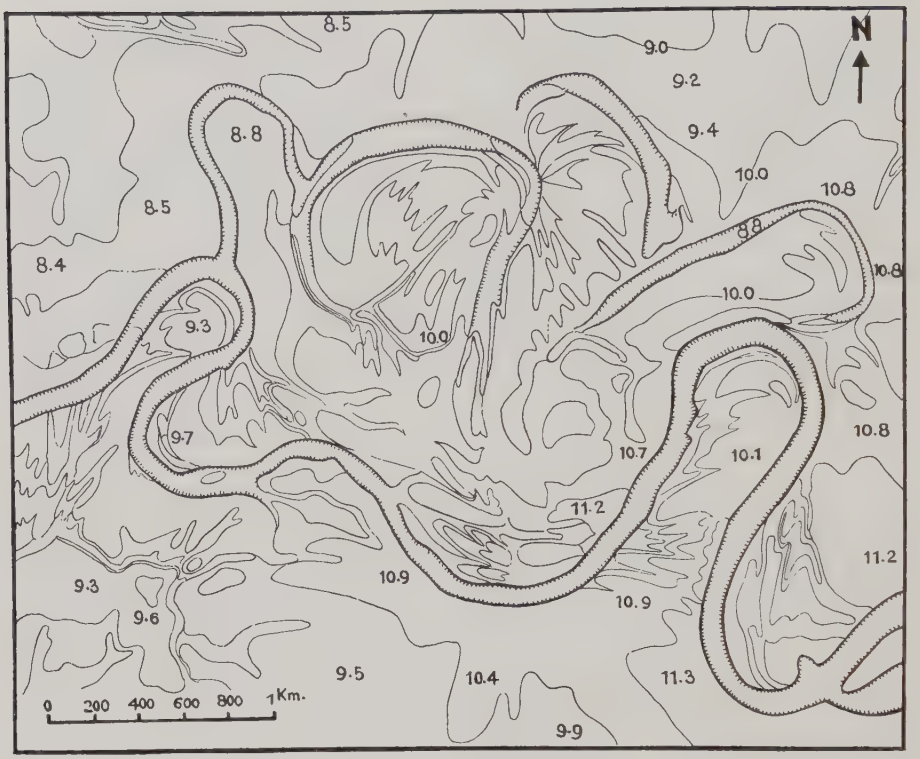


Fig. 38. — Détail d'une partie du delta du Sambirano au sud d'Ambalavelona. Anciens méandres recoupés de l'Amporaha, d'après la carte en courbes de niveaux, levée par la Société Africaine de Travaux et d'Études Topographiques. L'équidistance des courbes est de 1 mètre.

c) *Les levées*

Elles correspondent à une importance plus grande de la sédimentation à la périphérie du lit fluvial sur les berges, où le courant est moins violent qu'au centre du lit. La décantation des eaux de crue entraîne une élévation progressive des berges, par superposition de lits limoneux. Les levées ne parviennent jamais à dépasser la hauteur des plus hautes crues. Il peut donc se produire des changements de lits par recoupement des berges, avec formation d'un nouveau chenal. C'est de cette manière que le cours d'eau se déplace sur les différentes génératrices du cône deltaïque lorsque le lit principal, s'étant trop allongé dans une direction, voit sa pente devenir trop faible.

Actuellement le Sambirano tend à abandonner son tracé méridional pour adopter un nouveau tracé plus court par le chenal du

Besadjoa, qui prend de plus en plus d'importance et s'approfondit davantage à chaque crue.

d) *Les cuvettes et les rigoles de débordement*

Ce sont des éléments de relief associés aux levées. La carte au 1/20.000e, levée par la S.A.T.E.T., permet de les distinguer assez bien. Le fond des cuvettes se trouve entre 1 mètre et 2,5 mètres en contre-bas des levées. Ces cuvettes correspondent à des angles morts de la sédimentation entre les levées de deux lits voisins. Au moment des crues, les eaux débordent du lit fluvial par les ensellements des levées, et s'écoulent dans les cuvettes par les rigoles de débordement.

Les lobes convexes de méandres possèdent un type particulier de levées étroites, parallèles et en arc de cercle, séparées par autant de petits sillons, correspondant aux différents stades de l'évolution du méandre. On en compte au moins une quinzaine dans le lobe convexe de l'un des grands méandres situé au sud d'Anjavibe.

e) *Les marécages périphériques ou d'angle mort*

Ils correspondent à des zones plus basses non balayées par le fleuve sur les côtés de l'éventail deltaïque. Les marécages d'Ambalamahogo et de Beranorano, au sud du delta, et dans une certaine mesure ceux de Bemangoka et de Vies, entrent dans cette catégorie.

Les marécages d'Ambalamahogo et de Beranorano occupent les basses vallées ramifiées de petits cours d'eau, dont le débouché s'est trouvé obturé, à la sortie des collines gréseuses, par la croissance de l'éventail deltaïque du bas-Sambirano. Situés en dehors de la zone de déplacement des lits fluviaux sur les génératrices du cône deltaïque, dans des angles morts de la sédimentation, les débouchés de ces petites vallées se sont trouvés bientôt en contre-bas des parties balayées par le fleuve et progressivement surélevées de la partie centrale du delta. Lors des crues, le trop plein du Sambirano se déverse dans ces marécages périphériques qui couvrent alors une grande surface. Au fur et à mesure que l'on pénètre plus avant dans la saison sèche, ces derniers diminuent progressivement d'étendue, mais sans s'assécher complètement. L'aspect est celui d'une topographie de rias, avec des îles abruptes émergeant du remblaiement alluvial, et des fonds de vallées occupés par des marécages pratiquement infranchissables.

IV. — LA BORDURE EXTERNE AMPHIBIE

La marée est assez importante pour permettre un large développement de la zone des mangroves. A Hellville il y a 3,80 mètres de

différence de niveau entre la basse mer et la haute mer par marée de vive eau moyenne.

La plus grande partie de la périphérie maritime du delta est couverte par la mangrove en larges peuplements forestiers. Des cordons de plage limitent souvent, mais pas toujours, la mangrove du côté de la mer. Certains de ces cordons sableux, qui ont cessé d'être fonctionnels, ont été inclus dans la mangrove en progression. La largeur de la frange continue de palétuviers, qui ceinture entièrement la façade maritime du delta, est de 4 kilomètres environ en moyenne :

3,1 kilomètre en face de la bouche de l'Amporaha ;

4,1 kilomètres à Antsahampano ;

5,5 kilomètres en face d'Ambalahonko, dans le nord du delta.

Cette largeur est d'ailleurs très variable, selon qu'on la mesure au droit des petits deltas digités qui correspondent au débouché des déversoirs de crue du Sambirano (2,5 kilomètres en face des bouches des rivières des Raphias et d'Ambolikapiky) ou entre ces avancées de la plaine deltaïque (7,6 kilomètres entre les bouches de ces deux derniers déversoirs, au nord d'Antanandava).

La mangrove se divise elle-même en plusieurs zones. Il existe presque toujours un espace de vase nue entre la laisse des plus hautes mers et la masse principale de la forêt de palétuviers. Nous désignons la masse principale de la forêt de palétuviers sous le nom de mangrove centrale. Entre la zone sans végétation et la laisse des plus hautes mers s'intercale une frange interne étroite de palétuviers en mélange avec une Malvacée halophile, *Hibiscus tiliaceus*.

Cette frange interne, accolée au rivage, est bien distincte de la mangrove centrale. Souvent il existe une frange externe de palétuviers sur la face exposée à la houle des cordons. Nous étudierons successivement les différents éléments de cette zonation en allant de la terre vers la mer.

1° La frange interne de palétuviers

Nous avons examiné cette zone de la mangrove entre Antanandava et Antsahampano, ainsi qu'à l'extrémité du petit delta digité de la rivière des Raphias. La frange, qui ne dépasse pas quelques dizaines de mètres de largeur, est bien visible sur la photographie aérienne oblique prise à 2 kilomètres à l'ouest d'Antsahampano (planche IV,B). En face de la rivière des Raphias, on trouve dans cette zone au moins quatre espèces de palétuviers : *Avicennia marina*, *Sonneratia alba*, *Ceriops Boiviniana*, et *Bruguiera gymnorhiza*.

Ces espèces ne sont pas propres à la frange interne, mais se retrouvent dans la mangrove centrale. En arrière de cette frange étroite de palétuviers, et parfois en mélange avec ces derniers, on rencontre des

peuplements denses d'une Combretacée : *Lumitzera racemosa* et de la Malvacée halophile : *Hibiscus tiliaceus*. Ces deux dernières espèces végétales sont absentes de la mangrove centrale.

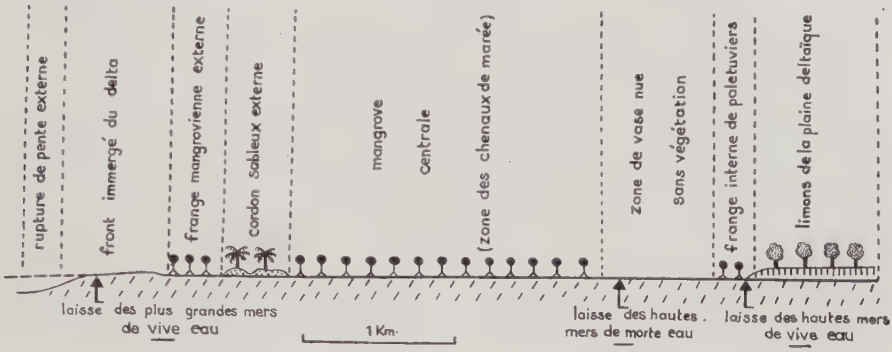


Fig. 39. — La zonation transversale de la bordure externe amphibie du delta du Sambirano.

La frange interne n'est baignée par la mer que lors des marées moyennes ou de vives eaux. Par mortes eaux la laisse de haute mer ne dépasse pas les espaces de vase qui séparent cette zone de la mangrove centrale. La houle de mer est entièrement arrêtée par l'obstacle que constitue la mangrove centrale, large habituellement de plusieurs kilomètres. Il existe cependant quelquefois de petits cordons de plage de sable fin en arrière de la frange interne. Ces cordons sont formés par les vagues qui peuvent prendre naissance, aux hautes mers de grande marée, sur le plan d'eau correspondant à la zone de vase nue. Ces vagues ne disposent que d'un fetch maximum de quelques centaines de mètres, pendant les quelques dizaines de minutes que dure la marée haute. La frange interne de palétuviers n'est pas assez large ni assez dense pour les arrêter complètement. Nous désignons sous le nom de « cordons internes » les petites levées sableuses embryonnaires qui leur correspondent.

La faible importance des actions mécaniques explique l'absence de véritables falaises de haute mer. On passe par un plan doucement incliné, couvert par une végétation dense halophile, des zones amphibies à la terre ferme.

A l'extrémité du petit delta digité de la rivière des Raphias, les alluvions fluviatiles apportées par les crues recouvrent progressivement en certains endroits la vase de la frange interne de palétuviers. Des parties mortes de cette frange témoignent de l'avancée du petit delta de crue. La frange se reconstitue par progression vers la mer aux dépens de la zone de vase nue ; à sa bordure se développent fréquemment des peuplements de jeunes palétuviers.

2° La zone de vase sans végétation

Cette zone est facilement identifiable sur les photographies aériennes verticales du Service Géographique de Madagascar, où elle apparaît en clair entre la masse sombre de la mangrove centrale, et les teintes noires ou grises correspondant à la frange interne de palétuviers et aux surfaces arborées de la plaine deltaïque. Cette zone sans végétation est largement développée le long de toute la façade maritime du delta. Sa largeur moyenne est de 200 à 400 mètres. A l'ouest du débouché de l'Ambolikapiky, au nord d'Ambalahonko, elle atteint exceptionnellement 900 mètres de largeur. La vase est absolument nue sur de grandes étendues, ou porte, rarement, quelques touffes de Salicornes ou, à proximité de la ligne de rivage, de Graminées halophiles. En période de morte eau la vase nue se dessèche et se craquèle. Il se forme à la surface des efflorescences salines. Lorsque l'on creuse on retrouve la vase humide à quelques centimètres de profondeur, de couleur gris-bleuté. De tels espaces de vase sans végétation dans la zone intertidale en arrière de la mangrove ont été déjà signalés par A. Guilcher dans le delta de la Mahavavy. Nous avons observé la même disposition dans les mangroves du delta du Mangoky et entre Morombé et la baie des Assassins, ainsi que lors d'un survol en D.C.4, dans les mangroves de la baie de Narinda. Il s'agit donc d'un phénomène général à Madagascar.

Selon A. Guilcher (1954) les palétuviers peuvent vivre soit dans de l'eau sursalée, soit dans de l'eau douce, à condition qu'il y ait alternance d'émersion par le jeu de la marée. L'émersion permet la germination (Lindeman, 1953). A. Guilcher explique l'absence de palétuviers à l'extrême limite des marées par l'émersion en morte eau, qui crée une dessication durant les six mois de saison sèche (Guilcher 1956). Il serait intéressant de vérifier si cette particularité de la zonation des mangroves se retrouve ou non dans les régions sans saison sèche marquée. Cette hypothèse n'explique cependant pas comment il se fait que les palétuviers poussent et se reproduisent en amont de la zone de vase nue, dans la frange mangrovienne interne, encore moins souvent baignée par la marée.

Il est possible aussi que la zone de vase nue corresponde à l'affleurement sur l'estran de la nappe d'eau douce du delta. Cette explication permettrait de comprendre l'existence d'une frange mangrovienne interne au-dessus du niveau supérieur de la nappe. On sait, par de nombreux exemples tant dans la région de la basse Mahavavy que dans celle du bas-Sambirano, qu'une brusque irruption d'eau douce, par suite par exemple d'un déplacement de lit fluvial, peut entraîner la mort de la mangrove sur de grandes étendues. Au-dessus du niveau des hautes mers de morte eau l'imprégnation de la vase par les eaux douces,

pendant les périodes prolongées d'émersion, serait suffisante pour empêcher la croissance des palétuviers. Au-dessous de ce niveau la mangrove retrouverait, dans un milieu visité par la mer au moins toutes les 12 heures, des conditions favorables à sa croissance. Cette explication ne peut être considérée que comme une hypothèse. Pour la vérifier, il faudrait s'appuyer sur des mesures de salinité dans la masse de la vase à différentes hauteurs de l'estran durant une période d'au moins 15 jours entre deux grandes marées consécutives. Nous n'avons pas eu le temps ni les moyens d'effectuer de telles mesures. Il serait utile aussi de connaître la tolérance à l'eau douce des différentes espèces de la mangrove, ce qui permettrait peut-être de mieux comprendre leur répartition zonale.

Les espaces de vase nue n'existent pas uniquement à la périphérie de la mangrove centrale. On en trouve quelquefois des taches au cœur même de cette mangrove : ainsi par exemple au nord-est de l'extrémité du microdelta de l'Ambolikapiky, où la photographie aérienne permet de déceler un espace de vase nue d'environ 400 mètres de grande dimension (photographie aérienne 017-304). Mais une telle disposition est exceptionnelle. D'autre part, il arrive que des touffes de palétuviers, parfois assez importantes, se soient développées au milieu d'un espace de vase nue. Des taches de ce genre sont visibles sur les photographies aériennes n° 243 et n° 193 de la mission 017.

La zone de vase nue est fréquemment bordée, du côté de la terre, par des peuplements de jeunes palétuviers correspondant à une progression vers l'extérieur de la frange mangrovienne interne. Certaines des taches de végétation isolées au milieu de cette sous-zone sont aussi entourées par des peuplements jeunes ce qui montre qu'elles gagnent en étendue.

La bordure interne de la mangrove centrale est au contraire généralement en recul. Entre Antsahampano et la rivière des Raphias, elle montre en de nombreux endroits des espaces couverts de palétuviers morts, sur une largeur qui peut dépasser une centaine de mètres. Cette disposition est parfaitement normale et indique, à coup sûr, un déplacement général du système vers l'extérieur, qui correspond à la croissance progressive du delta et à l'exhaussement des vasières par sédimentation.

3° La zone de la mangrove centrale

Cette zone, de beaucoup la plus large, est caractérisée par des peuplements généralement denses de palétuviers. Les espèces les plus courantes sont : *Avicennia maritima*, *Sonneratia alba*, *Rhizophora mucronata*, *Ceriops Boiviniana* et *Bruguiera gymnorhiza*.

La mangrove centrale est dans sa totalité comprise dans la zone de balancement des marées de morte eau, ce qui signifie qu'elle est successivement immergée et exondée, une fois toutes les douze heures. La pente générale de la vasière qui porte la mangrove est insignifiante : environ 0,25 pour 1.000 sur 4 kilomètres au nord-est d'Antsahampano. Cette large zone est desservie par un réseau compliqué de chenaux de marée (*tidal creeks* des auteurs anglo-saxons).

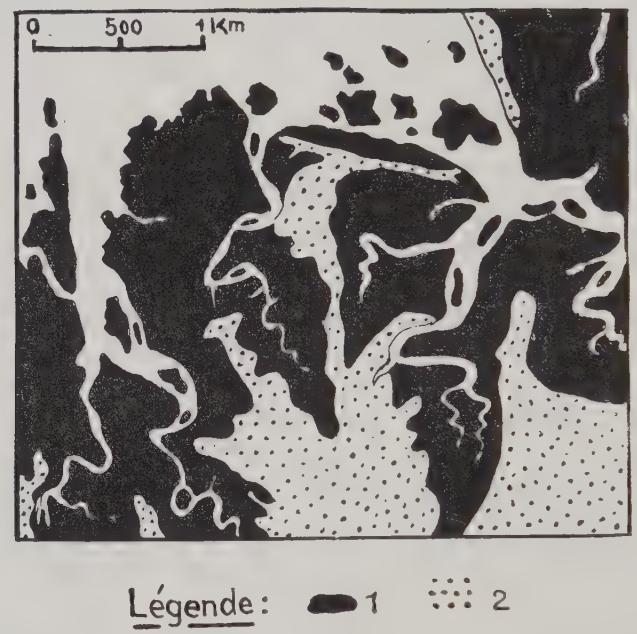


Fig. 40. — Chenaux de la mangrove centrale
et colonisation par taches au nord d'Ambolikapiky.
1 : Mangrove centrale et mangrove externe. 2 : Vase nue et cordons sableux.

Ainsi que l'a remarqué A. Guilcher dans le delta de la Mahavavy, ces chenaux sont sans rapport avec l'existence ou l'absence de cours d'eau terrestre à leur extrémité. Leur localisation et leur largeur dépend uniquement de la superficie des vasières à desservir en eau de mer. Les déversoirs de crue des Raphias et d'Ambolikapiky, par exemple, ne sont prolongés par aucun chenal. Au contraire, la grande étendue de mangrove comprise entre l'avancée des deux microdeltas est desservie par un important chenal, dont le tracé est sans rapport avec la localisation des déversoirs de crue. De même, au chenal d'Antsahampano ne correspond aucun débouché fluviatile. Il est probable que certains des grands chenaux de marée ont servi, à un moment ou à

un autre, d'estuaires par lesquels les eaux du fleuve Sambirano rejoignaient la mer. Leur calibrage et leur morphologie étaient déterminés par l'importance des apports d'eau douce en provenance de l'amont, comme cela est le cas pour les deux débouchés estuairiens actuels du Sambirano. Mais, abandonnés par le fleuve, ces anciens estuaires se sont aussitôt réadaptés au simple rôle de desserte des mangroves voisines, et se sont recalibrés en fonction seulement des étendues de vasières à desservir en eau de mer. Les chenaux les plus larges et les plus longs sont dans la partie septentrionale du delta, pour la seule raison que l'on y trouve les mangroves les plus étendues. Le réseau des chenaux de marée est propre à la mangrove centrale. Il ne pénètre pas dans la zone plus interne non arborée, où l'écoulement est dans l'ensemble laminaire. Dans la zone de la mangrove centrale elle-même, l'écoulement est laminaire sur d'assez vastes surfaces entre les chenaux : on circule, difficilement, à marée haute, sur des centaines de mètres parfois, entre les troncs serrés de palétuviers qui baignent dans une eau qui semble immobile.

Le système des chenaux est parfaitement hiérarchisé, depuis les microchenaux de la partie interne de la mangrove, larges de quelques dizaines de centimètres, et à peine encaissés dans la vase, jusqu'aux véritables fleuves salés aboutissant à la mer : le chenal d'Ambalahonko mesure un kilomètre de largeur à son embouchure, et celui d'Antsahampano environ 800 mètres. Dans le chenal d'Antsahampano, au fond duquel ne débouche aucun bras du Sambirano, les chiffres de salinité varient très peu depuis l'embouchure jusqu'au fond du chenal. Les mesures, faites au moment d'une haute mer de grande marée, ont donné les chiffres suivants :

33,27‰ en face de la pointe d'Ankify ;

33,45‰ à l'embouchure du chenal ;

32,25‰ au fond du chenal, près du quai du port d'Antsahampano.

Ce dernier chiffre, légèrement plus faible, s'explique sans doute par de petits apports d'eau douce de ruissellement en provenance de la bordure de la mangrove (les mesures ont été faites à la saison des pluies).

Le caractère principal de l'écoulement dans les chenaux de marée est de changer de sens toutes les six heures. Le débit varie régulièrement avec l'importance de la marée. Les forts débits se produisent tous les quinze jours, en période de vives eaux, et les faibles débits aux mortes eaux.

La régularité des débits, et l'homogénéité du matériel vaseux dans lequel sont taillés les chenaux, expliquent dans une large mesure pourquoi les chenaux de la mangrove décrivent toujours, comme ceux des vasières des régions tempérées, de très beaux méandres. Ces méandres sont beaucoup plus réguliers que ceux des lits fluviaux du delta.

Leur calibre est strictement proportionnel à la largeur du chenal : vers l'aval on passe à des méandres de plus en plus amples au fur et à mesure que le chenal s'élargit. Comme dans tous les méandres il existe une rive concave attaquée et abrupte, et une rive convexe plus basse. Les rives concaves sont bordées par des peuplements de *Rhizophora mucronata*, dont les racines adventices plus ou moins déchaussées pendent dans le chenal. Sur les rives convexes on observe au contraire des peuplements jeunes d'*Avicennia marina* colonisant les parties nouvellement construites. Cette répartition des espèces végétales en fonction des méandres s'observe bien d'avion, les peuplements de *Rhizophora* des rives concaves apparaissant en vert foncé, et les *Avicennia* en vert clair, parfois légèrement argenté. Il arrive qu'il y ait recoupement de méandres. La photographie aérienne 107-212 montre, dans l'extrême sud du delta, plusieurs exemples de méandres recoupés ou sur le point de l'être.

Les interconnexions fréquentes entre bras ne sont cependant dues qu'exceptionnellement à des recoupements. Le plus souvent elles sont la conséquence du mode particulier de colonisation de la mangrove sur sa face externe et sur les bancs au milieu des chenaux : colonisation par taches, qui s'agrandissent au fur et à mesure que le banc émerge par sédimentation, mais sans se rejoindre tout à fait. La photographie aérienne 017-255 montre des exemples de ce type de colonisation, avec réseau anastomosé de chenaux entre les bancs de vase en voie de colonisation par une mangrove jeune.

4° Les cordons de plage externes

Souvent la mangrove centrale vient directement au contact de la mer libre sans interposition d'un cordon de plage protecteur. C'est le cas au sud des monts du Sambirano, en face des bouches actives du fleuve, où la mangrove semble progresser rapidement sur son rebord externe. On observe en cet endroit de nombreux peuplements de jeunes palétuviers, soit en bordure de peuplements plus anciens, soit sur des bancs de sable vaseux en formation rapide sur l'estran. C'est le cas aussi à l'est du débouché du chenal d'Antsahampano, qui est abrité de la houle par l'avancée du massif d'Ankify, et dans la partie septentrionale du delta à l'enracinement de la presqu'île d'Ambato. La progression de la mangrove directement en bordure de la mer est possible dans cette partie de Madagascar, où la mer est généralement peu agitée. Mais le plus souvent la mangrove centrale est protégée de la houle par un cordon de plage externe. Ces cordons, qui se sont développés entre les débouchés des chenaux, portent généralement une végétation différente de la mangrove, en particulier des cocotiers. Ils ne dépassent seulement que de quelques dizaines de centimètres le niveau

des plus hautes mers. Ils se sont formés face au nord-ouest, qui est la direction de la houle principale. Au sud de la presqu'île d'Ankify, leur mise en place est influencée par une dérive littorale du nord vers le sud. Sauf entre Mailaka et le débouché de la rivière Jangoa, en dehors du delta proprement dit, ces cordons sableux sont toujours étroits et très courts. Cela prouve que la croissance du delta l'emporte largement sur les phénomènes de régularisation littorale, qui ne peuvent se manifester que par l'individualisation de formes embryonnaires.

Plusieurs de ces cordons sableux montrent de beaux exemples de terminaisons en crochets successifs : par exemple en face du microdelta de la rivière des Raphias (photographie aérienne 017-255) et entre les monts du Sambirano et Ankify (photographie 017-219).

5° La frange externe de palétuviers

Il arrive très souvent que les cordons littoraux externes soient séparés de la mer libre et protégés de la houle par une nouvelle frange de mangrove. Cette frange externe est généralement étroite, comme la frange interne (zone 1). Nous y avons relevé la présence des espèces de palétuviers suivantes : *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina* et *Sonneratia alba*.

Habituellement cette frange de palétuviers mesure une centaine de mètres de largeur. La même disposition se retrouve presque partout entre la montagne d'Ankify et les monts du Sambirano. Les cordons de l'extrême sud du delta, à l'est de l'embouchure de la rivière Jangoa, sont précédés d'une frange externe beaucoup plus large, atteignant 200 à 300 mètres au moins.

Dans tous ces endroits la mangrove externe pousse sur du sable, rarement sur de la vase. On retrouve la vase en profondeur sous la couche sableuse superficielle. La barrière qu'oppose la mangrove externe à la houle n'est pas suffisante pour arrêter complètement cette dernière, puisque les vagues ont encore la force d'édifier et d'entretenir en arrière la levée sableuse du cordon.

Il arrive cependant que, si la mangrove externe devient trop large et trop épaisse, le cordon cesse d'être fonctionnel. Il cesse d'être modelé par les vagues. De tels cordons morts, dont il existe de nombreux exemples sur toute la bordure du delta, sont bientôt complètement englobés dans la forêt de palétuviers qui les enserre de toutes parts.

6° Les formes de colonisation sur la bordure externe de la mangrove

Nous avons déjà signalé la colonisation par taches sur les bancs au milieu de chenaux ou en avant du front externe de la mangrove. Ces

taches s'agrandissent au fur et à mesure de l'exhaussement du banc par sédimentation de vase ou de sable. De beaux exemples de ce type de colonisation existent dans la partie septentrionale du delta.

Il faut signaler une autre forme de colonisation sur le front externe de la mangrove le long des chenaux, de chaque côté de leur débouché. Le front externe de la mangrove dessine parfois une avancée en pointe, de forme triangulaire, au débouché des principaux chenaux. Cette croissance en pointe triangulaire est liée à l'existence de levées des deux côtés des débouchés de chenaux, formées par la décantation des eaux turbides et le dépôt des sédiments là où le courant est moins fort de part et d'autre de l'axe du chenal.

Mais le plus souvent on observe une progression par front continu, le front de la mangrove avançant parallèlement à lui-même sur de grandes étendues. En avant des peuplements plus âgés, émergent des individus plus jeunes. *Rhizophora mucronata* est souvent parmi les premières espèces colonisatrices. Les formes de colonisation végétale sur la bordure externe de la mangrove sont donc fort semblables à celles que l'on observe dans les vasières de l'Europe occidentale (F. Verger 1954) avec, comme principale différence, qu'ici les plantes colonisatrices sont de véritables arbres alors que sur les schorres (herbus) de l'Europe de l'ouest il s'agit de plantes de petite taille *(Spartina Townsendi*, Salicornes, Aster, et une Graminée, *Glyceria maritima)*. Cette ressemblance tient à ce que, quelle que soit la plante colonisatrice, le processus est toujours le même, la colonisation se faisant sur les parties les plus hautes de la vasière (bancs, levées) et au fur et à mesure de l'exhaussement de ces parties par sédimentation.

V. — LES MASSIFS INCLUS DANS LE DELTA

1° Le massif d'Ankify et les monts du Sambirano

Le massif d'Ankify et les Monts du Sambirano s'apparentent, par leur structure, à Nosy Komba et au Lokobe, avec lesquels ils forment un même alignement nord-sud. Ils sont constitués par des roches sédimentaires liasiques et jurassiques truffées par des intrusions de roches éruptives, qui forment l'ossature des massifs.

Les terrains sédimentaires ont généralement de forts pendages et sont affectés de plissements intenses dus aux intrusions des roches éruptives post-liasiques (Besairie, 1936). Ils affleurent largement sur la façade occidentale du massif d'Ankify, dans la falaise marine, et forment sur l'estran des chaos d'énormes blocs aux contours souvent déchiquetés. On peut les observer aussi dans le sud-est du massif où ils ont été nivelés en un bas pédiment latéritisé, aujourd'hui disséqué en un fouillis de petites collines.

Les crêtes maîtresses correspondent, tant dans le massif d'Ankify que dans les Monts du Sambirano, aux affleurements des roches intrusives. L'orientation des lignes de crêtes est déterminée par celle des dykes. Dans les Monts du Sambirano, les crêtes maîtresses, de direction nord-sud, sont formées par des dykes épais de phonolite. A Ankify les points hauts sont surtout constitués par des syénites semblables à celles de Nosy Komba. On rencontre aussi des filons de microgranite alcalin, de bostonite quartzique, et de trachyte (Besairie, 1936). Ces massifs avec leurs crêtes en lame de couteau et leurs pitons coniques (Monts du Sambirano) aux pentes abruptes couvertes d'une épaisse forêt secondaire, sont bien visibles de toutes les parties du delta. Ils sont l'un des éléments les plus pittoresques et les plus originaux du paysage.

Les Monts du Sambirano sont entièrement entourés par la mangrove qui pénètre dans les moindres indentations de la bordure du massif.

La Montagne d'Ankify, au contraire, n'est pas encore entièrement englobée dans le delta, auquel elle n'est rattachée par la mangrove que sur ses façades méridionale et orientale. Les façades septentrionale et occidentale restent à l'écart des apports d'eau douce et de vase en suspension. Les mesures de turbidité ont été faites au milieu de la saison des pluies, peu après la grande crue de février du fleuve Sambirano, c'est-à-dire dans la période où l'on devrait observer les plus grands apports d'eau douce et de vase en mer aux abords du delta. Les chiffres obtenus sont cependant sensiblement les mêmes que ceux de stations situées autour de Nosy Komba et de Nosy Bé. Lors d'un survol nous avons pu remarquer la présence jusqu'à 6 ou 7 kilomètres en mer de grandes masses d'eau boueuses, de couleur jaune, en provenance du Sambirano. Arrivant par les bouches d'Ankatafa et d'Antrema, ces masses d'eau étaient rabattues vers le sud et le fond de la baie d'Ampasindava. Les bouchons d'eau trouble, beaucoup moins importants même à la fin du jusant, visibles en face de la partie septentrionale du delta, n'atteignaient pas non plus la pointe d'Ankify : par vent de talio, ils s'en écartaient et étaient rabattus vers l'est et le fond de la baie de Tsimipaika. Le contact entre les masses d'eaux troubles, moins salées et à forte turbidité, en partie d'origine fluviale, et les eaux purement marines plus salées et claires, est habituellement tranché, le passage des unes aux autres s'effectuant sur quelques mètres. Ces observations permettent peut-être de comprendre pourquoi, quoique située dans l'axe de la plaine deltaïque, la montagne d'Ankify bénéficie, sur sa façade maritime, de conditions particulières de salinité et de pureté des eaux. Les courants de marée et de dérive littorale seraient orientés de telle manière qu'ils la maintiendraient relativement à l'abri des influences du delta. Cette hypothèse mérite-

rait d'être vérifiée par une étude plus précise des courants au moyen de flotteurs. Elle expliquerait en tout cas l'existence du beau récif corallien de cette façade, récif dont la position peut sembler à première vue assez étonnante.

2° Le récif corallien d'Ankify

Ce récif montre une grande prolifération de coraux, et une richesse d'espèces qui prouvent que les madréporaires trouvent en cet endroit des conditions convenables de croissance.

Les principaux caractères morphologiques de ce récif sont les suivants :

— la faible largeur du platier, qui l'apparente au récif ouest de Nosy Komba, ou aux franges récifales de la péninsule de Befefiky et de la péninsule d'Ampandoma. Cette largeur, comprise entre 100 et 150 mètres, est extrêmement constante.

— la continuité de la frange corallienne, sans interruption sur 6,5 kilomètres, depuis la pointe d'Ankify, jusqu'aux abords de la mangrove méridionale. Il n'existe pas de passes, ce qui rend particulièrement délicat l'abordage à marée basse.

— la pente généralement très forte de la bordure externe vivante du récif. En un endroit (en face de la pointe ouest) nous avons mesuré à la sonde à main des fonds de 15 mètres à une vingtaine de mètres seulement de têtes de corail émergées de la bordure externe du platier.

La zonation transversale du récif a été examinée en deux endroits : immédiatement au sud-ouest de la pointe d'Ankify et à 1,5 kilomètre au sud de la pointe d'Antaimpitily.

a) *Au sud-ouest de la pointe d'Ankify.*

Le récif présente trois zones principales, sur une largeur totale d'environ 150 mètres :

La bordure externe du récif est entièrement tapissée de corail vivant. On remarque surtout de nombreuses boules de grande taille et des pinacles, dominant brutalement des fonds de sable entre 8 et 10 mètres.

Les massifs de madréporaires ramifiés à la bordure du platier. — De grands massifs, jointifs, de plusieurs dizaines de mètres carrés, constitués par des madréporaires ramifiés, occupent toute la partie externe du platier. Ces massifs sont en continuité avec le bioherme corallien externe toujours immergé, et couronnent certains des pinacles les plus internes. Par grande marée basse de 0,5 mètre les branches des

coraux dépassaient de 30 centimètres au moins le niveau de la mer et le niveau des mares de la partie plus interne du platier.

La partie interne du platier. — En arrière des massifs de coraux branchus se trouve une zone plus basse avec des mares de forme quelconque à fond de sable, et de petites taches d'herbier. Le fond des mares et certaines taches d'herbier sont nettement en contrebas de la bordure de corail vivant, et sont recouverts d'une pellicule d'eau à grande marée basse.

Vers l'intérieur le platier corallien est dominé par la pente sableuse plus forte de la haute plage.

b) *A 1,5 kilomètre au sud de la pointe d'Antaimpitily.*

Ici la zonation du récif est un peu différente. Au-dessus de la retombée externe, très brutale, et tapissée de grosses têtes de corail, la pente s'adoucit progressivement. On passe à un fond de sable doucement incliné (8 à 10 degrés), parsemé de nombreux petits massifs de corail vivant de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres de grande dimension. Les plus internes de ces petits massifs émergent légèrement à grande marée basse. Une prairie à Cymodocées, nettement en saillie par rapport à la zone précédente, et coupée de mares sableuses à rebords abrupts, constitue la partie interne du platier, en avant des amas de gros rochers qui bordent la falaise. La largeur totale de la prairie à Cymodocée dépasse rarement une trentaine de mètres. En face des pointes rocheuses, elle s'amincit et peut disparaître complètement de la zonation du récif.

Dans aucune des deux sections visitées nous n'avons observé de levée détritique du type levée à têtes de nègres. Cette absence nous semble pour le moment inexplicable, le récif de la montagne d'Ankify se trouvant exposé à la houle qui pénètre dans la baie d'Ampasindava par le nord-ouest, et qui est à peine déviée par l'avancée occidentale de Nosy Bé et par Tanikely.

La frange récifale disparaît au nord-est de la pointe d'Ankify. Les massifs de madréporaires ramifiés de la bordure externe du platier se couvrent de plus en plus de vase au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la pointe d'Ankify en se dirigeant vers le chenal d'Antsahampano. On observe de nombreux pieds de corail qui semblent morts depuis peu de temps. En face des bâtiments en ruine de la Société Nossibéenne le récif disparaît complètement sous une couche de vase. On a l'impression très nette d'un recul progressif du récif de ce côté par avancée de la zone vaseuse, au fur et à mesure de la croissance du delta, qui repousse peu à peu vers le nord la limite à l'intérieur de laquelle la vie corallienne demeure possible.

VI. — LES PROLONGEMENTS SOUS-MARINS ET LE FRONT DU DELTA

En avant de la zone de la mangrove et des cordons littoraux externes s'étendent de larges espaces généralement sableux, rarement vaseux, qui font géomorphologiquement partie du delta, dont ils constituent la zone la plus extérieure. Une partie de ces espaces émerge aux basses mers en un bas estran sableux couvert de vastes herbiers, qui peut atteindre par endroits 1 à 1,5 kilomètre de largeur. La limite extérieure est un talus bien net, qui correspond au front sous-marin de progression du delta, et dont la pente est proche de celle de l'écoulement des sédiments vers le fond en avant de l'ensemble de la construction deltaïque. C'est dans cette zone extérieure à la mangrove que se fait la redistribution par la dérive littorale et les courants de marée des matériaux sableux apportés par le fleuve à la mer. Comme dans tous les deltas, les couches frontales (foresets) sont constituées par des sédiments relativement grossiers, ici généralement par du sable. Les sédiments plus fins, de diamètre inférieur à 0,02 millimètres (poudres et précolloïdes de la classification de J. Bourcart) demeurent en suspension un certain temps, avant de se déposer par floculation soit en avant du front du delta pour former les couches de fond (bottomsets), soit dans la zone de la mangrove où leur dépôt entraîne l'engraissement et l'élévation progressive des vasières.

On distingue dans cette zone externe du delta des formes dues aux courants de marée, en face du débouché des principaux chenaux de la mangrove (ombilics et deltas sous-marins de marée), des formes liées aux arrivées d'eau douce en face des bouches actives du Sambirano (deltas sous-marins fluviatiles à microchenaux anastomosés), enfin des formes engendrées par la houle (crêtes et sillons prélittoraux).

1° Ombilics et deltas de marée des chenaux de la mangrove

La carte au 1/40.000e levée en 1929 par Peaucelier donne une représentation détaillée de la morphologie du débouché d'un de ces chenaux, celui d'Antsahampano. La fig. 41 est une simplification de cette carte. Cette carte montre l'existence, en face du débouché des « rivières » d'Antsahampano et d'Andranobe, d'une dépression fermée étroite (200 à 300 mètres en moyenne) et allongée (environ 9 kilomètres entre la confluence des deux « rivières » et le parallèle d'Ankify) d'orientation générale nord-sud. Cette dépression en ombilic est en gros délimitée par la courbe bathymétrique de moins 2,5 mètres. Dans la partie la plus creuse de l'ombilic existe une cote moins 9,9 mètres. Les rivières d'Antsahampano et d'Andranobe ne reçoivent pas en

temps normal d'apports d'eau douce du Sambirano. Cette dépression en ombilic est, comme beaucoup d'autres du même genre (voir Van Veen, 1936 et 1950) uniquement provoquée par le surcreusement dû aux courants de marée, d'autant plus forts que les espaces de mangrove à desservir en eau de mer par le chenal sont plus étendus (ici environ 9,5 kilomètres carrés) et les masses d'eau en circulation plus impor-

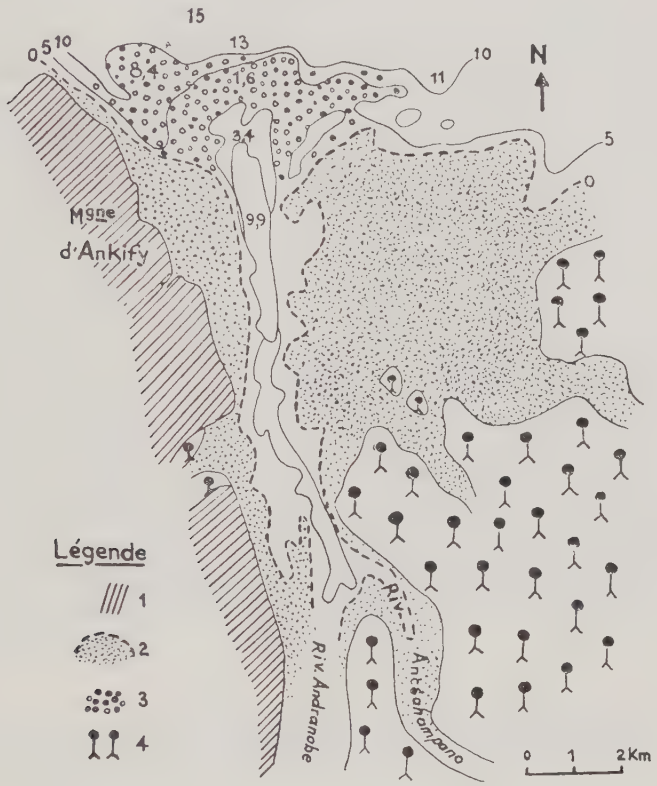


Fig. 41. — Ombilic et delta sous-marin de marée du chenal d'Antsahampano, d'après le lever de Peaucelier (1929).
1 : Montagne d'Ankify. 2 : Sable et vase découvrant aux basses mers de vives eaux. 3 : Delta sableux de marée. 4 : Mangrove.

tantes. Nous avons effectué des mesures de courants par marée de coefficient 102, à la mi-marée descendante, en différents points du chenal. En certains endroits, le courant de jusant dépassait 2 nœuds avec de violents tourbillons. De part et d'autre de la zone relativement étroite du chenal (au sens maritime du terme) correspondant à la partie surcreusée en ombilic, le courant était beaucoup moins

fort ; au-dessus des fonds de 1 à 3 mètres, c'est-à-dire dans la zone qui assèche à grande basse mer, les vitesses observées étaient de l'ordre de 10 à 15 centimètres seconde en moyenne.

Un petit delta sous-marin en éventail ferme l'ombilic du côté du large. Il correspond à la décharge des sédiments en aval de la zone surcreusée, décharge qui se produit lorsque la diminution de vitesse du courant de chasse de jusant est suffisante. Ce delta s'étale sur une largeur de 2 kilomètres environ. Par marée basse de cœfficient 102, il n'émergeait en aucune de ses parties. La carte marine indique l'existence à son emplacement de bancs arrivant jusqu'aux environs du niveau des plus basses mers. Un ombilic secondaire, avec une cote de moins 3,8 mètres, existe au droit de l'ombilic principal, indiquant une diffluence du courant à la pointe de l'éventail du delta. Cet ombilic secondaire correspond à ce que Van Veen appelle « chenal externe » dans les deltas de marée des passes entre les îles frisonnes. Le matériel constituant l'accumulation sous-marine est essentiellement sableux.

Des chenaux sous-marins avec ombilics de surcreusement existent aussi en face du débouché de l'Ambolokapiky, et de l'ensemble Ampanpana-Andanatsara-Ankingabe. Les dépressions de chasse, où existent les plus forts courants, surtout au jusant, sont étroites et allongées, comme celle d'Antsahampano. Elles ne contiennent toutefois pas d'ombilics aussi importants. Dans les intervalles s'étendent de vastes bancs de sable, qui affleurent légèrement aux grandes basses mers. C'est sur les parties hautes des bancs les plus internes que prend pied la mangrove, d'abord par taches isolées, qui se rejoignent bientôt en même temps que le banc s'agrandit et se surélève par sédimentation. On peut suivre cette évolution en comparant la carte marine 5264, levée entre 1899 et 1903 et la couverture aérienne du Service Géographique de Madagascar.

2° Les accumulations sableuses en éventail en face des bouches fluviatiles actives

La laisse sableuse découvrant aux grandes basses mers en avant de la mangrove s'élargit considérablement en face des deux bouches actuellement actives du Sambirano : la bouche nord, dite d'Antrema, et la bouche sud, ou rivière d'Ankotoka. La largeur de la laisse atteint deux kilomètres.

L'élargissement est provoqué par l'accumulation du matériel sableux apporté à la mer par le Sambirano, accumulation qui détermine la formation d'un delta d'estran en face des deux bouches actives du fleuve. Les accumulations de ce type se distinguent facilement des deltas dus aux courants de marée, par la présence à leur

surface d'un réseau anastomosé de microchenaux, et par l'absence en amont d'ombilics de surcreusement.

Le delta d'estran situé en face de la bouche d'Antrema présente une forme générale en éventail presque parfaite. Il s'étale sur trois kilomètres de longueur et deux kilomètres de largeur. La pente du cône deltaïque est très faible : sa bordure externe se trouve sensiblement au niveau des plus grandes basses mers, et la pointe de l'éventail à 1,5 mètres environ au-dessus de ce niveau, soit une pente moyenne de l'ordre de 0,75 pour mille sur deux kilomètres. A marée basse l'estran est drainé par une multitude de filets d'eau peu profonds qui forment un réseau complexe de microchenaux anastomosés et à peine encaissés. La photographie aérienne montre que le réseau s'organise en suivant les génératrices du cône deltaïque.

Le delta d'estran situé en face de la bouche sud du Sambirano, qui rejoint presque celui de la rivière Jangoa, présente les mêmes caractères morphologiques.

3° Les crêtes et sillons prélittoraux

Les plus beaux exemples de ces formes s'observent entre les montagnes d'Ankify et du Sambirano (photographie aérienne 017-219) et entre l'embouchure de la rivière Jangoa et la pointe d'Ambodimadiro (photographie aérienne 017-212). Elles sont habituellement groupées en séries grossièrement parallèles. Williams qui a étudié des formes semblables sur la côte anglaise, a montré qu'elles étaient dues au modelé de la couverture de sable par les vagues. Ce sont des formes relativement fixées et dont l'amplitude est déterminée par les caractéristiques de la houle (Bourcart, 1952).

VII. — LES DONNÉES FOURNIES PAR LES SONDAGES D'AMBANJA ET D'ANTSAHAMPANO SUR LA STRUCTURE ET LA GENÈSE DU DELTA

Cinq sondages, avec prélèvement de carottes, ont été effectués dans la plaine deltaïque du bas-Sambirano, sur commande de la Direction Générale des Travaux Publics, par la Société de Sondage-Injection et Forage (ancienne entreprise Bachy). Nous remercions M. Gaucher, Ingénieur des Travaux Publics, qui nous a autorisé à utiliser les résultats de ces sondages.

La fig. 46 indique la localisation de trois de ces sondages qui se trouvent autour d'Ambanja, dans la partie tout à fait interne du delta, à l'extrême pointe de l'éventail deltaïque ; ils ont été effectués dans un but de recherche de la nappe aquifère pour l'alimentation en eau

d'Ambanja. Les deux autres, effectués à Antsahampano pour les travaux d'aménagement du port, se trouvent au contraire à la périphérie du delta.

Fig. 42. — Croquis de localisation des trois carottages d'Ambanja.

Le sondage n° 1 d'Ambanja, implanté à la cote 16 mètres sur le bord occidental d'une butte gréseuse qui porte les bâtiments des Travaux Publics, a traversé l'Isalo décomposé en sable jaune, rougeâtre ou blanc, sur 30 mètres d'épaisseur. Il ne donne donc pas de renseignements sur la structure du delta.

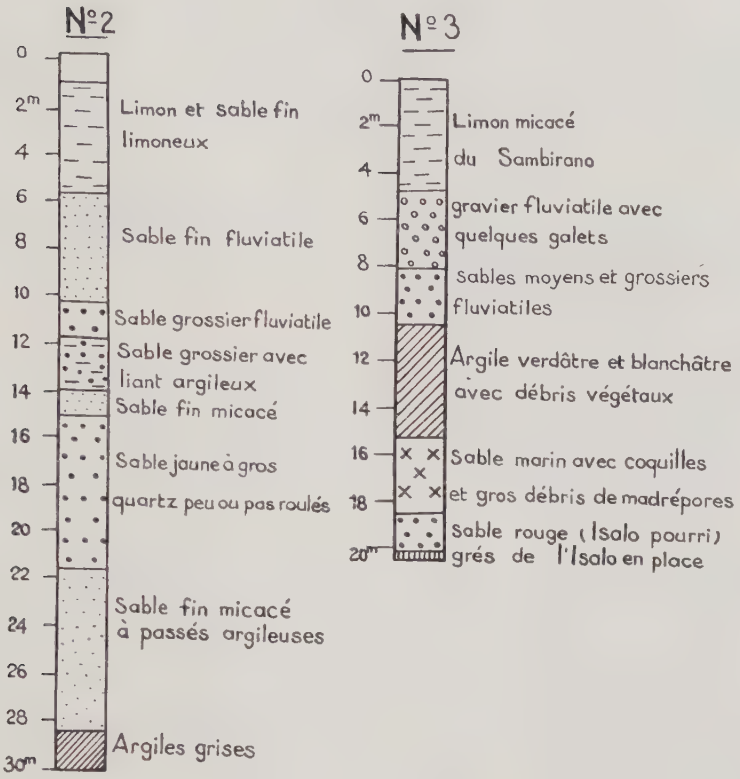


Fig. 43. — Terrains traversés par les carottages n° 2 et n° 3 d'Ambanja.

Le sondage n° 2 d'Ambanja a été implanté à la cote 13 mètres dans le nord de l'agglomération d'Ambanja, près de la cathédrale. Les horizons traversés sont les suivants :

0 m — 5,5 m : limon fin à petites paillettes de mica (alluvions de levées ou de cuvettes du Sambirano) ;

5,5 m — 10,4 m : sable limoneux fluviatile ;

10,4 m — 11,75 m : sable quartzeux fluviatile à gros quartz mal roulés ;

11,75 m — 13,9 m : même sable, mais avec liant argileux ;

13,9 m — 15 m : sable fin fluviatile ;

15 m — 21,35 m : sable jaune non roulé à très gros éléments quartzeux ;

21,35 m — 28,40 m : sable fin micacé, gris-noir, avec quelques quartz non roulés ;

28,40 m — 30 m : argile grise ressemblant aux vases actuelles de mangrove.

Le sondage n° 3 d'Ambanja a été implanté à 250 mètres au sud est de la Résidence d'Ambanja, à la cote 15 m, dans la Menavava, anciens lit du Sambirano encore fonctionnel au moment des grandes crues. Les horizons traversés sont les suivants :

entre 0 m et 0,20 m : niveau humifère ;

0,20 m — 4,75 m : limon fin micacé du Sambirano ;

4,75 m — 5,80 m : gravillon fluviatile ;

5,80 m — 7,90 m : gravillon fluviatile avec quelques petits galets ;

7 90 m — 11,25 m : sables moyens ou grossiers fluviatiles ;

11,25 m — 15,10 m : argile verdâtre ou blanchâtre à traînées jaunes ;

15,10 m — 16,70 m : sable marin contenant des débris de coquilles et des morceaux de corail ;

16,70 m — 18,65 m : banc à gros débris de madrépores ;

18,65 m — 20 m : sable rouge correspondant à l'Isalo pourri ;

20 m — 20,50 m : grès de l'Isalo en place.

Le sondage n° 1 d'Antsahampano, effectué à la bordure interne de la zone de la mangrove, près du port d'Antsahampano, a traversé les horizons suivants :

entre plus 1,50 m et moins 3,20 m (altitude absolue) : sables marins actuels ;

moins 3,20 m — moins 3,50 m : argiles sableuses ;

moins 3,50 m — moins 7 m : argile grise plastique légèrement sableuse, semblable aux sédiments actuels de la zone de la mangrove ;

moins 7 m — moins 10,50 m : mêmes argiles, devenant progressivement verdâtres en profondeur.

Le sondage n° 2 d'Antsahampano a traversé les horizons suivants :

entre plus 1,50 m et moins 2,10 m (altitude absolue) : sable gris limoneux avec des débris de bois ;

moins 2,10 m — moins 2,70 m : vase légèrement sableuse semblable à la vase actuelle de la mangrove ;

moins 2,70 m — moins 10,20 m : vase de mangrove ancienne ;

moins 10,20 m — moins 13,50 m : sable fin contenant des coquilles marines et des débris de coraux.

L'existence d'un niveau à débris madréporiques et d'un sable d'estran à coquilles marines entre 15 mètres et 18,5 mètres de profondeur (entre 0 et moins 3,5 mètres d'altitude absolue, le zéro étant celui des basses mers moyennes), dans le sondage n° 3 d'Ambanja, sous les alluvions fluviatiles, présente un grand intérêt, étant donné que le lieu d'implantation du sondage se trouve dans la partie tout à fait interne du delta.

Le madrépore a toutes les apparences d'un corail récent flandrien. Il est difficile de déterminer s'il s'agit d'un banc de corail compact ou de débris rejetés par la mer. La seconde hypothèse semble vraisemblable, la sonde n'ayant pas rencontré, selon les renseignements fournis par M. Gaucher, de résistance importante à cette profondeur (1).

Nous avons analysé le sable rouge sur lequel repose le niveau madréporique. Les éléments qui le composent sont généralement anguleux et non triés, et sont les mêmes que ceux des grès de l'Isalo. Le niveau madréporique repose donc, à notre avis, à la profondeur de 18,65 mètres, sur une plateforme d'abrasion marine façonnée dans l'Isalo en place pourri. Le sable d'estran, entre 15,10 mètres et 16,70 mètres, à coquilles marines et petits débris coralliens, est très semblable par son aspect et sa composition aux sédiments actuels de l'herbier à Cymodocées de la partie inférieure et moyenne des estrans. Le profil granulométrique est très voisin de celui des échantillons prélevés dans la zone de l'herbier à Nosy Bé.

Il est difficile de déterminer si le niveau argileux entre 11,25 mètres et 15,10 mètres de profondeur fait encore partie de la série marine inférieure (vases de mangrove) ou marque le début de la sédimentation fluviatile. Cette argile, de couleur tantôt verdâtre, tantôt blanchâtre, à trame jaune, ne contient par les fines particules de mica habituelle-

(1) Rappelons cependant qu'un banc semblable rencontré lors des travaux du port d'Hellville n'avait opposé aucune résistance à la sonde.

ment présentes dans les limons fins du Sambirano. Les variations de coloris sont dues à des phénomènes pédologiques postérieurs à la mise en place du sédiment.

Au-dessus de la profondeur de 11,25 mètres, on rencontre des sables et gravillons fluviatiles sur une épaisseur de 6,5 mètres avec fréquemment des lits de petits galets (sédiments de lit mineur), recouverts par 4,65 centimètres de limons fins micacés (sédiments de berge et de cuvettes).

Le niveau corallien et le niveau sableux à débris coquilliers ne se retrouvent pas dans les sondages n° 1 et n° 2 d'Ambanja, qui atteignent pourtant respectivement moins 14 mètres et moins 17 mètres au-dessous du zéro des basses mers moyennes. Le sondage n° 1 traverse sur 30 mètres des sables grossiers de différentes couleurs provenant de la décomposition sur place de grès de l'Isalo, ce qui n'a rien d'étonnant puisqu'il est implanté sur le bord de la colline des Travaux Publics, entièrement constituée par les grès de l'Isalo. Le sondage n° 2 traverse jusqu'à la profondeur de 21,35 mètres des couches fluviatiles, et au delà des sables non roulés et des argiles d'une interprétation difficile, qui sont peut-être marines mais ne contiennent aucun débris de coquilles.

Le madrépore et le sable d'estran du sondage n° 3 prouvent que la mer est venue battre, à une époque probablement récente, le pied des collines gréseuses en arrière d'Ambanja. Celles-ci jalonneraient donc une ancienne ligne de rivage. L'existence de corail ancien en face du débouché actuel du Sambirano nous porte à croire qu'à cette époque le fleuve atteignait la mer en un autre endroit. On sait en effet que la croissance du corail ne peut se faire qu'à une certaine distance de l'embouchure des cours d'eau importants. Des apports excessifs d'eau douce abaissent la salinité de la mer au-dessous du seuil supportable par les coraux : on estime généralement que la salinité doit être comprise entre 27‰ et 40‰ pour que soit possible la vie corallienne (Guilcher, 1954). Le Sambirano suivait probablement l'Antsifitry, et atteignait la mer entre Madirofolo et Antsakoamanondro, où existait peut-être déjà alors un delta embryonnaire. On est obligé d'admettre que le delta, presque dans sa quasi totalité, s'est formé depuis la mise en place des dépôts marins d'Ambanja. Les échantillons de corail ont été envoyés aux U.S.A.pour une mesure d'âge absolu. Avant même d'avoir le résultat de cette mesure, on peut penser, en se basant sur l'aspect des sédiments et l'absence totale de lapidification du corail, qui le fait ressembler à un corail mort actuel, qu'il s'agit de dépôts flandriens, c'est-à-dire âgés au plus de 4.000 ou 5.000 ans. Le delta se serait donc formé dans sa quasi totalité durant le même laps de temps.

Au Flandrien les massifs d'Ankify et des Monts du Sambirano étaient isolés du continent, comme l'est actuellement encore Nosy Komba. C'est seulement au cours des dernières phases de sa croissance que le delta s'est appuyé sur ces îles dont l'une (Monts du Sambirano) se trouve dès maintenant rattachée à la terre ferme, et l'autre (Ankify) progressivement enserrée par la progression de la mangrove.

L'étude du delta du Sambirano fournit un nouvel exemple du dynamisme extraordinaire des deltas, unités géomorphologiques en pleine croissance actuellement sous nos yeux, dont les étendues parfois immenses ont été en majeure partie gagnées sur la mer en fonction du niveau de base flandrien dans le temps géolcgiquement très court qui est celui de l'époque flandrienne.

CHAPITRE IV

LE LITTORAL ORIENTAL DE LA BAIE DE TSIMIPAIKA

1° Le relief de la presqu'île d'Ambato et de Nosy Faly

On désigne sous le nom de baie de Tsimipaika l'étendue de mer délimitée à l'ouest par Nosy Bé, Nosy Komba et la presqu'île d'Ankify, au sud par les mangroves de la partie septentrionale du delta du Sambirano, enfin à l'est par le littoral occidental de la presqu'île d'Ambato et de Nosy Faly (fig. 44).

La presqu'île d'Ambato et Nosy Faly sont dans leur ensemble constituées par une couverture éluviale formée par décomposition sur place de basaltes et basanitoides considérés comme quaternaires.

La roche en place non altérée n'affleure que très rarement dans la falaise ou sur l'estran du littoral de la baie ; par exemple à 1,5 kilomètres au nord du village d'Ampasindava où l'on observe sur l'estran un bel affleurement de basalte en orgues. Mais dans le cas général la plupart des pointes sont constituées par une argile marron ou rouille à trame limonitique, presque toujours très consolidée, qui voile complètement la roche saine. Cette couverture consolidée s'effondre en blocs de plusieurs mètres cubes, qui s'accumulent en chaos sur le haut estran au pied de petites falaises de 3 à 10 mètres de hauteur. Le petit îlot d'Ambiky (hauteur 29 mètres) situé au fond de la baie, en face d'Ankingabe, présente la même structure, et les mêmes amas de blocs résultant de la fragmentation de la couverture argileuse sur le haut estran. Entre les pointes rocheuses s'arquent un grand nombre de petites anses sableuses, avec généralement sur le cordon une cocoteraie : Ambaro, Ampasimbary, Ambalahonko, Ampasindava, etc...

L'intérieur de la presqu'île d'Ambato et de Nosy Faly est un fouillis de collines surbaissées, correspondant à un ancien pédiment latéritisé et disséqué par une reprise d'érosion. Un réseau hydrographique très ramifié entaille les formations éluviales de décomposition de ce pédiment en un dédale de petites vallées encaissées de 20 à 40 mètres. Les fonds de vallées sont généralement occupés par la végétation arbustive, tandis que les lignes de crête sont déboisées, portant une couverture de hautes herbes, ou montrant l'argile nue à l'occasion de multiples arrachements. On ne voit la roche en place qu'exceptionnellement, en affleurement au fond des talwegs.

Ce relief confus et surbaissé, qui constitue la plus grande partie de la presqu'île d'Ambato, est dominé à l'est par la masse imposante du

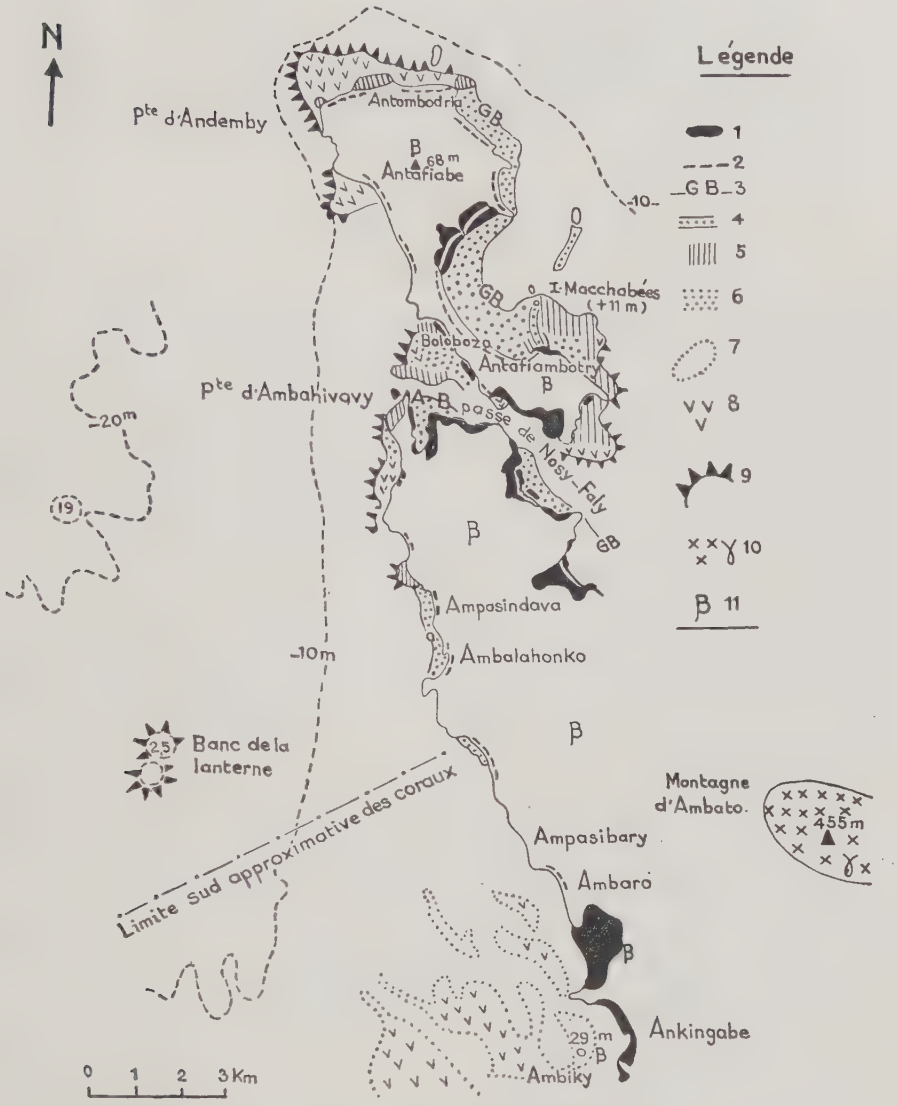


Fig. 44. — Croquis géomorphologique d'ensemble de Nosy Faly et de la côte occidentale de la presqu'île d'Ambato.

1 : Principales mangroves. 2 : Cordons sableux. 3 : Laisse des grandes basses mers. 4 : Accumulations sableuses sous le vent « en lanière. » 5 : Écueils et platiers rocheux sur l'estran. 6 : Estran sableux ou vaseux. 7 : Banc de sable émergeant aux basses mers de vives eaux. 8 : Herbier à Cymodocées. 9 : Bordure de platier corallien et banc corallien. 10 : Granite et microgranite. 11 : Basalte décomposé.

Mont Ambato, qui correspond à une intrusion granitique post-liasique restée en saillie au milieu des zones évidées dans les grès de l'Isalo et les basaltes quaternaires. Long de trois kilomètres et large de deux, ce massif, qui culmine à 455 mètres, se dresse d'un seul jet au-dessus de l'ensemble de la région. Il est à peine disséqué par l'érosion, ainsi qu'en témoigne son aspect monolithique et un drainage dans l'ensemble rayonnant.

2° Les récifs coralliens

L'extension des récifs coralliens est limitée, dans cette partie de la baie de Tsimipaika, par la présence au fond de la baie d'apports d'eau douce à forte turbidité sur le front du delta du Sambirano. Pour cette raison la limite méridionale de croissance des coraux est repoussée vers le nord, et passe approximativement entre Ampasimbaty et Ambalahonko. A l'ouest de l'enracinement de la presqu'île, au sud d'Ambaro, les fonds sous-marins sont insignifiants. On a là un grand nombre de bancs sableux allongés, dont certains ont plusieurs kilomètres de grande dimension, séparés par des chenaux de marée. La plupart de ces bancs, qui portent les herbiers les plus vastes de toute la région (certains mesurent plusieurs kilomètres carrés) découvrent en partie aux plus grandes basses mers. Dans l'ensemble de cette zone on remarque l'absence complète de massifs de corail. Les premiers massifs de corail se rencontrent, lorsque l'on suit le littoral occidental de la presqu'île d'Ambato vers le nord, en face des pointes d'Ambalahonko et d'Ampasindava.

Le littoral occidental de la presqu'île d'Ambato et de Nosy Faly est entièrement abrité du varatraz, qui se manifeste seulement dans la passe de Nosy Faly. Le talio, d'autre part, est arrêté par Nosy Bé (à Ampasindava le fetch n'est que de 17 kilomètres vers le nord-ouest). Il existe cependant de beaux massifs de coraux à la pointe d'Ambahivavy, et de part et d'autre de la passe de Nosy Faly, mais pas de véritables récifs avec la zonation complète habituelle.

On ne trouve de véritables récifs qu'à l'extrémité nord-ouest de Nosy Faly où le fetch est pratiquement illimité vers le nord-ouest, et l'exposition au talio maxima.

Le récif d'Andemby ou grand récif de Nosy Faly, situé à l'extrême pointe nord-ouest de Nosy Faly, présente la zonation caractéristique des récifs exposés face au talio. La bordure externe de corail vivant est dominée par des amas détritiques de blocs de corail mort et de gravillon corallien. En arrière des éléments de crête détritique externe, fréquemment disposés en traînées perpendiculaires à la houle, s'étend un vaste herbier à Cymodocées. Le platier corallien s'appuie à l'ouest à un écueil, et au centre et à l'est à un platier rocheux qui affleure sur

LÉGENDES DES PLANCHES XIII A XVIII

Planche XIII

A et B. — Le platier corallien d'Andovokonko dans le nord-ouest de Nosy Bé, par basse mer de 0,3 mètre.

Planche XIV

A. — La crête détritique externe du platier corallien d'Ampiherenana (nord-est de Nosy Bé).

B. — La crête détritique externe du platier corallien du sud-ouest de Nosy Komba. Au second plan, la Montagne d'Ankify.

Planche XV

Mangrove de la baie de Mahatsandry (nord-ouest de Nosy Bé). Au premier plan à droite, cordon sableux, avec cocotiers, et petite mangrove externe. Au second plan, grande mangrove de Mahatsandry. Remarquer le chenal de marée ramifié, et la croissance en pointe de la mangrove de part et d'autre de l'embouchure du chenal.

Planche XVI

A. — L'extrémité de l'accumulation triangulaire sous le vent submersible d'Ambariobe. Face actuellement attaquée par l'érosion (cocotier déchaussé et près de s'abattre sur la plage). Au premier plan, beach rock.

B. — Sur le platier corallien d'Antsirabé (sud-ouest de Nosy Komba). A droite de la photographie, crête détritique de petits blocs et de ramures brisées de corail. Au centre et à gauche, partie supérieure du bioherme corallien externe, émergeant par basse mer de 0,5 mètre.

Planche XVII

A. — Cordon sableux en recul à Befotaka. Cocotiers déchaussés et couchés sur la plage.

B. — Microatoll de corail. Récif d'Andovokonko.

Planche XVIII

A. — Orgues basaltiques. Baie de Mahatsandry

B. — Falaise marine dans des cinérites stratifiées. Cône volcanique de l'Ambariotanoraka (baie de Mahatsandry).

A

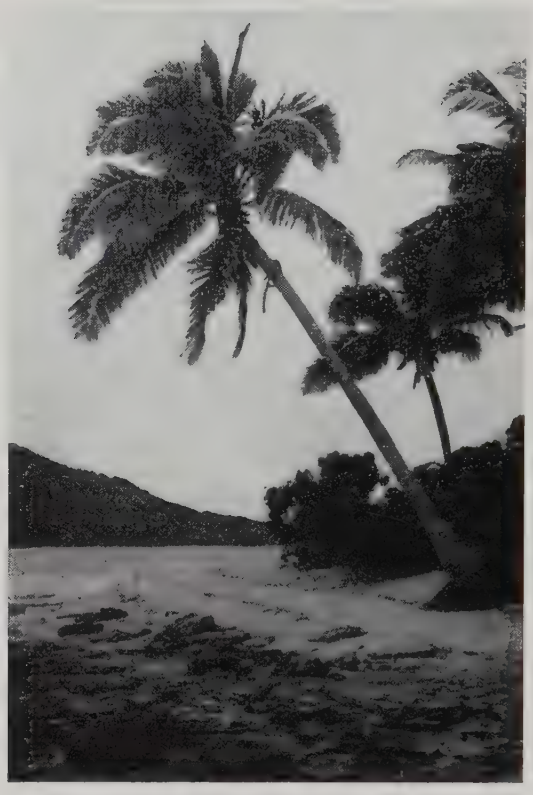
B

(Photographies R. Battistini)

A

B *(Photographies R. Battistini)*

(Photographies R. Battistini)

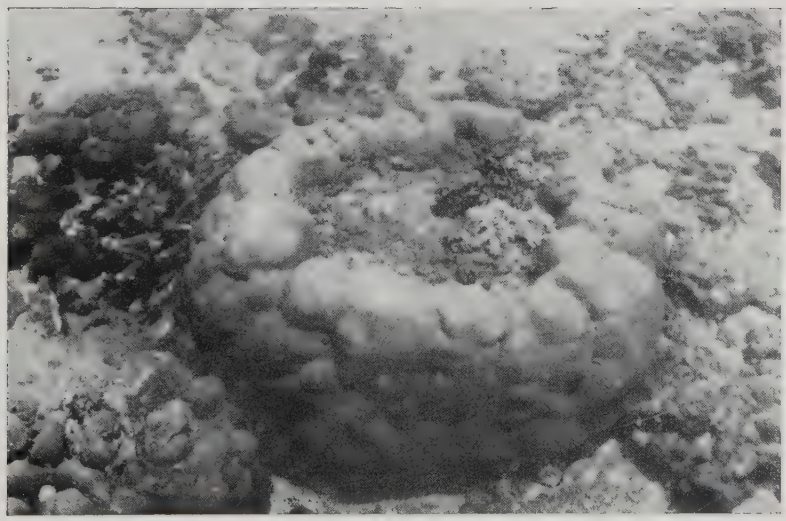


A

B

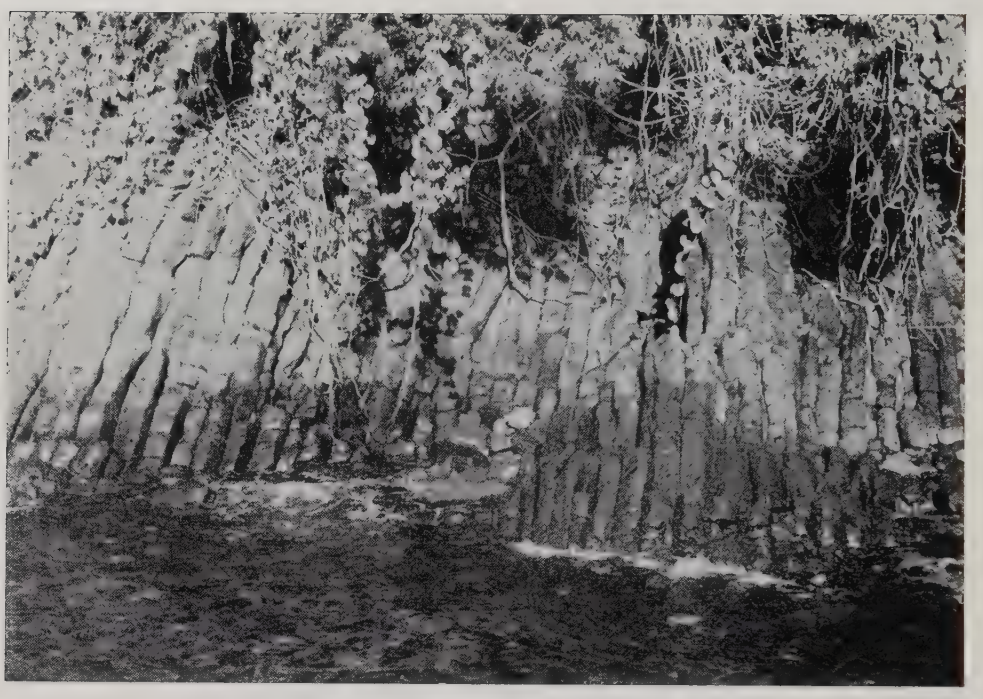
(Photographies R. Battistini)

A



B

(Photographies R. Battistini)



A

B

(Photographies R. Battistini)

200 mètres de largeur dans la partie moyenne de l'estran entre l'herbier et la haute plage sableuse. Long de 1.800 mètres, le platier corallien atteint 1 kilomètre de largeur maxima, dont 650 mètres environ occupés par l'herbier.

Le récif d'Antafiabe est moins caractéristique, et surtout moins étendu. Il s'accroche, comme le précédent, à plusieurs écueils basaltiques, dont la retombée nord-ouest sur des fonds d'une dizaine de mètres est tapissée de corail vivant. Des éléments de crête détritique s'arquent entre les écueils. L'herbier à Cymodocées s'étend en arrière, entre les écueils et la haute plage sableuse d'Antafiabe.

3° Les formes de colmatage

Le type dominant d'accumulation sableuse est la grève simple

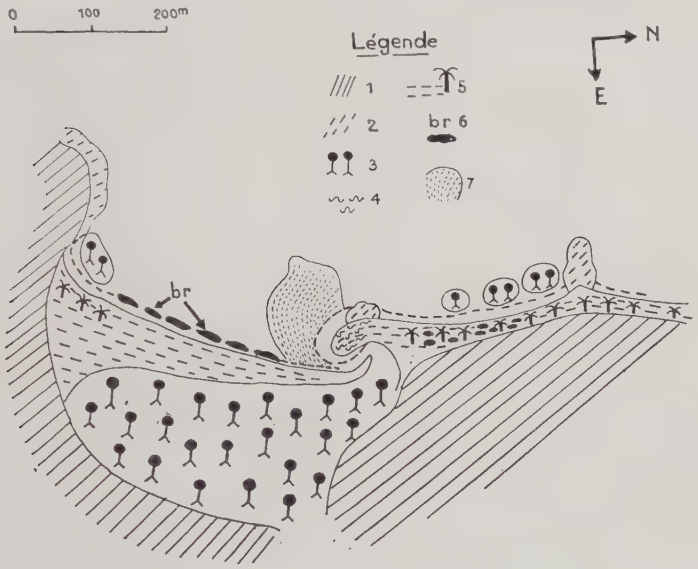


Fig. 45. — L'accumulation d'Ambalahonko.
1 : Collines latéritiques. 2 : Platier rocheux sur l'estran. 3 : Palétuviers. 4 : Formes de progression du cordon sableux avec *Ipomea*. 5 : Cordon sableux avec cocotiers. 6 : Beach rock. 7 : Delta de marée sableux.

accrochée à ses deux extrémités à des pointes d'argile latéritique consolidée. Il en existe de nombreux exemples dont l'énumération serait fastidieuse.

Nous avons étudié plus en détail deux accumulations sableuses plus intéressantes, parce que plus complexes : celles d'Ambalahonko-Ampasindava et d'Antafiambotry.

La fig. 45 détaille la morphologie de l'accumulation d'Ambalahonko-Ampasindava. L'ensemble s'appuie à deux pointes rocheuses, aux deux extrémités, et au centre à deux platiers submersibles de part et d'autre du village d'Ambalahonko. La partie méridionale de l'ensemble, qui comprend une mangrove interne étendue, s'apparente au type à pouliers en chicane, avec une passe de marée en S entre les deux pouliers.

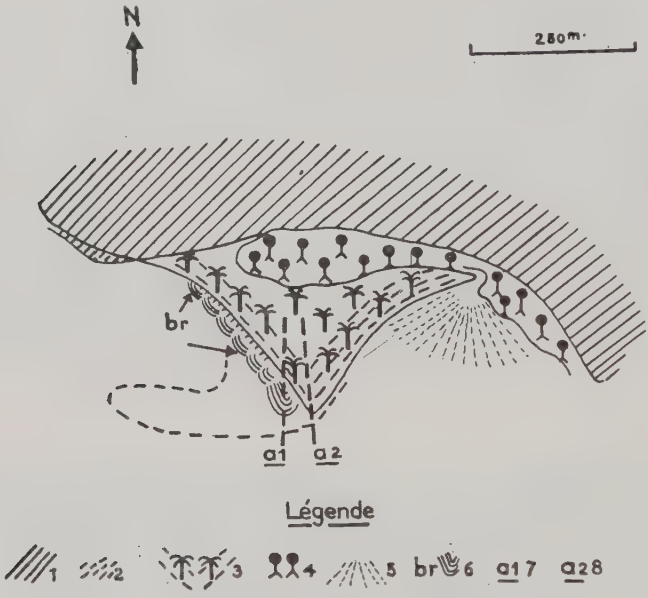


Fig. 46. — L'accumulation d'Antafiambotry.
1 : Collines latéritiques. 2 : Plate forme de haute mer. 3 : Cordons sableux avec cocotiers. 4 : Mangrove. 5 : Delta de marée. 6 : Beach rock. 7 : Axe ancien de l'accumulation. 8 : Axe actuel de l'accumulation.

L'accumulation d'Antafiambotry (fig. 46) située dans la passe de Nosy Faly, est d'un type intermédiaire entre la flèche à pointe libre déterminée par une dérive littorale dominante vers le sud-est sous l'action du talio, et l'accumulation triangulaire morphologiquement identique aux queues sous le vent si communes dans la région. Mais ici cette morphologie est due à l'équilibre entre l'action de la houle du nord-ouest, et celle opposée de la houle de varatraz qui se fait sentir dans la passe, et non à la rencontre en arrière de l'obstacle des vagues d'un même système de houle l'ayant contourné de chaque côté, comme dans le cas habituel. Il faut tenir compte aussi de l'action des courants de marée, violents dans cette passe étroite, qui rabattent vers l'ouest l'extrémité sous-marine de l'accumulation.

La partie insubmersible, entièrement sableuse, est un triangle isocèle de 300 mètres de côté, qui porte le village et une cocoteraie. La mangrove interne débouche à l'est, c'est-à-dire du côté sous le talio. En face de l'exutoire s'étale un delta de marée de sable très fin, qui émerge à marée basse.

Il existe de larges affleurements de beach rock à la pointe méridionale du triangle et sur sa face sud-ouest, mais pas sur la face sud-est. La stratification et les pendages du beach rock permettent de reconstituer l'axe a1 d'une ancienne accumulation, différent de l'axe a2 de l'accumulation actuelle. Il y a donc eu déplacement de l'ensemble vers le sud-est (d'où le dégagement du beach rock sur la face sud-ouest). Ce déplacement de l'axe est peut-être dû à un léger changement du régime des vents. Il peut aussi bien être la conséquence de l'évolution normale de l'accumulation sous l'action du vent dominant du nord-ouest et de la dérive littorale liée à la houle de talio, qui est la seule à alimenter en sable d'accumulation (la houle de varatraz se contentant de modeler ces matériaux sans entraîner une dérive notable en sens opposé, sauf dans la prolongation sous-marine vers l'ouest).

La dissymétrie caractéristique, sur le plan de la morphologie littorale, de la presqu'île d'Ambato et de Nosy Faly, se retrouve dans la répartition des mangroves. Sur les faces ouest et nord exposées au talio il n'existe pas de véritables mangroves ouvertes sur vase, à l'exception de celles du fond de la baie de Tsimipaika, liées à la présence du delta. Les franges mangroviennes externes étroites sur galets ou sur platiers rocheux, dans la partie supérieure de l'estran, sont par contre très fréquentes.

Sur la face orientale, sous le talio, et dans la passe, relativement abritée, les mangroves ouvertes de grande taille sur vase ou sur roche sont au contraire fréquentes. Leur croissance ne semble pas gênée par l'action mécanique des vagues de varatraz, le fetch étant en effet réduit à quelques kilomètres vers le sud-est.

L'action mécanique des vagues, défavorable à l'établissement de vastes mangroves ouvertes sur vase, n'est pas le seul facteur en cause permettant de comprendre la localisation des forêts de palétuviers de la presqu'île. Cette localisation est aussi liée à la dérive littorale. La croissance des mangroves sur vase est en effet fonction des apports de particules argileuses, en suspension dans l'eau de mer, par la dérive littorale et les courants de marée, depuis les bouches des principaux cours d'eau. Les côtes occidentales de Nosy Faly et de la presqu'île d'Ambato ne bénéficient pas de ces apports, à cause d'une dérive littorale générale vers le sud, sous l'action de la houle du nord-ouest. La côte orientale reçoit au contraire les eaux à forte turbidité provenant du fond de la baie d'Ambaro, repoussées vers le nord-ouest jusqu'à Nosy Faly par le varatraz.

4° La morphologie des estrans rocheux

La presqu'île d'Ambato et Nosy Faly présentent les plus beaux exemples de plateformes de haute mer de toute la région, dans les argiles consolidées de décomposition des basaltes. Nous avons étudié de telles plateformes à la pointe A d'Ambahivavy, à la pointe B d'Ambahivavy, au nord d'Antafiambotry, à la pointe d'Andemby, et dans les avancées rocheuses de part et d'autre du cordon d'Antombodria. La plateforme de haute mer ne se développe largement qu'à l'extrémité des pointes rocheuses. De part et d'autre des pointes, au fur et à mesure que l'on se dirige vers le fond des baies sableuses, elle diminue de largeur, puis disparaît complètement, laissant la place sur le haut estran à des amas de gros blocs effondrés de la falaise de haute mer.

Les figures n° 47 et 48 montrent comment se présente cette morphologie à la pointe B d'Ambahivavy. La zonation transversale du haut estran comprend les parties suivantes :

a) Une falaise verticale de haute mer, haute de 4 mètres, taillée dans la croûte argileuse. On observe une graduation de teintes jaune foncé à rouge. La teinte rouge débute à 1,5 mètre environ au-dessus du niveau des plus hautes mers.

b) Une plateforme au niveau des hautes mers de vives eaux parfaitement horizontale, d'une grande perfection, large au maximum de 10 mètres à l'extrémité de la pointe, et se rétrécissant progressivement de chaque côté vers le fond des baies.

La plateforme est façonnée dans la même croûte argileuse rouge foncé que le bas de la falaise de haute mer. L'angle entre cette plateforme et la falaise de haute mer approche de 90°. Il y a quelques petits blocs éboulés de la falaise de haute mer, qui encombrent la partie interne de la plateforme.

La roche à la base de la falaise, sur les petits blocs éboulés, et à la surface de la plateforme de haute mer, est perforée par des milliers de petites alvéoles de l'ordre d'un centimètre « en trous de gruyère » qui témoignent d'une corrosion intense dans cette partie de l'estran. Les petits blocs libres alvéolés ne semblent jamais remués par les vagues, qui ne doivent d'ailleurs les atteindre que très rarement, lors des tempêtes ou lors des plus grandes marées. Le recul de la falaise de haute mer ne semble donc nullement dû à l'érosion mécanique des vagues, mais seulement à la corrosion. De même aucune érosion mécanique notable ne s'exerce à la surface de la plateforme de haute mer, qui ne porte ni sable, ni galets, et ne se trouve qu'exceptionnellement immergée.

c) Un ressaut de mi-marée haut de 1,5 mètre, selon les endroits, absolument vertical, ou bien en encorbellement. Ce ressaut recule par

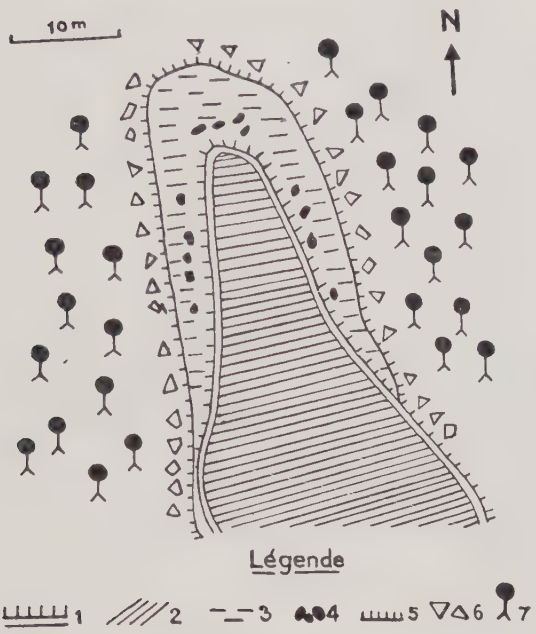


Fig. 47. — Morphologie de la pointe B d'Ambahivavy.
1 : Falaise de haute mer. 2 : Partie insubmersible de la pointe rocheuse. 3 : Plate-forme de haute mer. 4 : Petits blocs éboulés et alvéolisés sur la plate-forme de haute mer. 5 : Ressaut de mi-marée. 6 : Gros quartiers de roche éboulés au pied du ressaut de mi-marée. 7 : Palétuviers.

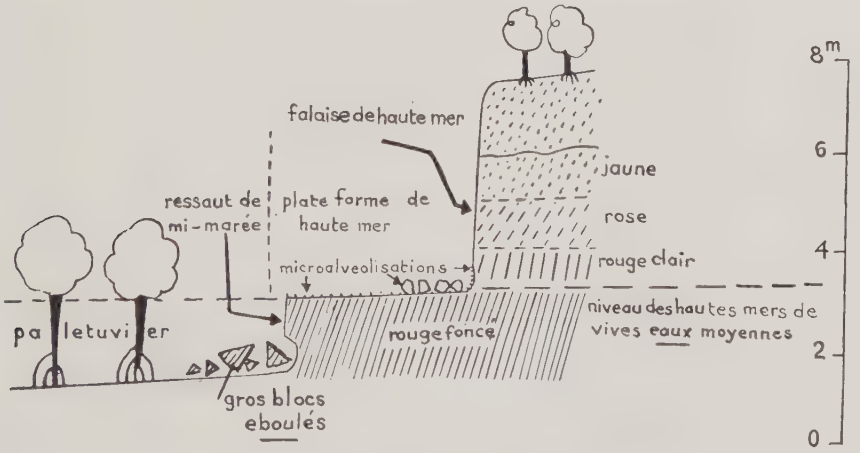


Fig. 48. — La zonation transversale de l'estran à la pointe B d'Ambahivavy

effondrement de gros quartiers de roches aux angles aigus qui s'accumulent à son pied dans la partie moyenne de l'estran.

A la pointe A d'Ambahivavy la gorge à la base du ressaut de mi-marée, qui crée l'encorbellement, communique avec un trou souffleur qui débouche sur la plateforme de haute mer. Un peu après la mi-marée un magnifique jeyser jaillit, à chaque train de vagues important.

La même disposition se retrouve à la pointe d'Andemby, et à Antombodria.

Le faible rôle de l'érosion mécanique des vagues dans le façonnement de cette morphologie du haut estran est prouvé par le fait que, lorsqu'il existe une bordure de mangrove externe sur blocaille ceinturant la pointe rocheuse et formant protection conte la houle (cas de la pointe B d'Ambahivavy), la zonation n'en est nullement troublée. Cela, et aussi l'absence de matériaux de projection sur la plateforme de haute mer et parfois au pied du ressaut de mi-marée, est favorable à une explication de l'ensemble de ces formes par la simple corrosion, l'érosion mécanique, si elle existe, n'ayant qu'un rôle mineur dans leur genèse.

CHAPITRE V

NOSY BE

Cartes utilisées.

Il n'existe aucune carte topographique précise de l'ensemble de Nosy Bé. La couverture générale de Madagascar au 1/500.000e ne donne que peu d'indications de relief utilisables. Par contre une excellente carte au 1/10.000e en trois feuilles, avec une courbe de niveau tous les 5 mètres, couvre la partie occidentale de l'île correspondant au domaine de la Compagnie Agricole et Sucrière de Nosy Bé ; elle donne une excellente idée des formes volcaniques récentes entre la presqu'île d'Anorangea et la baie du Cratère. Une carte de colonisation de l'île de Nosy Bé au 1/20.000e a été levée par le service topographique. Cette carte en deux feuilles qui n'existe qu'en tirage ozalide, est utile pour la toponymie, mais ne donne aucune indication de relief. Les cartes marines, généralement excellentes, sont la carte générale nº 5.264 du Service hydrographique de la marine (de la pointe d'An-

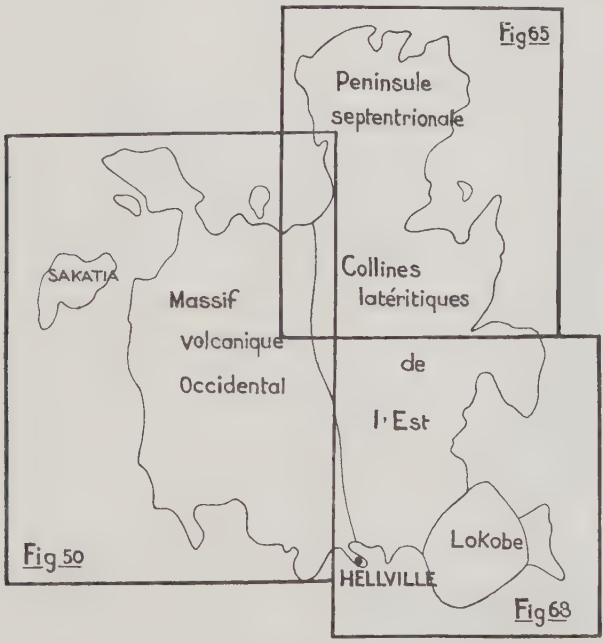


Fig. 49. — Carte générale de Nosy-Bé.
Espaces couverts par les cartes des fig. 50, 65, et 68.

demby à la pointe d'Angadoka) qui couvre l'ensemble des côtes de Nosy Bé au 1/100.340, et la carte n° 5128 (partie sud de Nosy Bé), à l'échelle du 1/25.000e, qui comporte un carton au 1/10.000e du mouillage d'Hellville.

La carte géologique de Nosy Bé de H. Besairie au 1/200.000e date de 1933. Une rectification des contours a été effectuée sur la feuille n° 1 (Comores et Diégo-Suarez) de la couverture géologique au 1/500.000e de Madagascar (édition de 1956). Ces deux cartes donnent une bonne idée de la géologie de l'île.

Le document de base pour l'étude géomorphologique reste cependant la couverture aérienne, excellente (mission R 33), qui couvre, au 1/45.000e environ, la totalité de Nosy Bé et de Nosy Komba.

I — LE RELIEF DE L'INTÉRIEUR DE NOSY BÉ

Longue de 26 kilomètres du nord au sud, et large de 20 kilomètres, Nosy Bé est la plus grande des îles de l'ouest de Madagascar. Les points culminants sont le sommet du Lokobe (455 mètres), situé dans l'extrême sud-est de l'île, et le Bongo Pisa, sommet volcanique de 326 mètres, situé dans la partie occidentale de l'île.

Au point de vue de la géologie et de la géomorphologie on distingue trois grands ensembles :

1° La moitié orientale de l'île, à l'est d'une ligne joignant le fond de la baie de Befotaka à Hellville, et au nord du Lokobe, présente un paysage généralement confus de collines argileuses façonnées dans d'anciennes coulées basaltiques profondément altérées.

2° La moitié occidentale, à l'ouest de cette ligne, doit à un volcanisme plus récent un paysage pittoresque dont les formes les plus caractéristiques sont les cônes de scories, souvent à peine attaqués par l'érosion, et les cratères lacs (fig. 50). Ce massif volcanique occidental, appelé aussi région des cratères lacs, constitue le principal château d'eau de l'île.

3° Le Lokobe, massif syénitique et granitique, correspond à une intrusion de roches éruptives post-liasiques. Contrairement au reste de l'île, en grande partie mis en valeur par l'homme, il est couvert d'une belle forêt érigée en Réserve Naturelle.

1° Les collines latéritiques de l'Est

La moitié orientale de Nosy Bé est constituée au point de vue géologique par des épanchements de nature basaltique, en recouvrement sur un substratum formé de terrains gréseux et schisteux d'âge liasique.

La roche en place saine n'apparaît que rarement. On peut l'observer dans la falaise littorale, ou dans le lit des rivières dans les fonds de talwegs. Les roches volcaniques de la famille des basaltes sont surtout des ankaratrites, plus rarement des limburgites, d'âge pleistocène. Dans l'ensemble ces épanchements de la partie orientale de Nosy Bé, dont les roches sont toujours profondément altérées, semblent en général plus anciens que les épanchements de la partie occidentale de l'île, dont certains se sont produits à une époque tout à fait récente du quaternaire.

Les coupes naturelles montrent :

1. Une zone d'altération complète de la roche. Un profil très fréquent est celui décrit par P. SÉGALEN près de la route allant d'Hellville à Ambatozavavy, sous des broussailes à « Avocat marron », *Anacardium occidentale*, Fougères diverses, etc...

Nous reproduisons ce profil tel qu'il est décrit dans l'ouvrage de P. SÉGALEN :

0 — 8 centimètres : brun foncé, argilo-limoneux ; grumeleux ; bien structuré ; lacis de racines assez serrées ; porosité ordinaire ; cohésion moyenne.

50 — 100 centimètres : brun à brun-jaune ; argileux ; polyédrique à nuciforme ; tassé, mais se défaisant bien ; moyennement structuré ; quelques rares concrétions de petite taille ; porosité ordinaire ; cohésion moyenne.

100 — 150 centimètres : brun jaune ; argileux ; grumeleux à nuciforme ; porosité ordinaire ; cohésion moyenne à faible.

La zone d'altération complète de la roche peut avoir une épaisseur variable, allant de quelques mètres à une dizaine de mètres (coupes le long du littoral de la péninsule de Befefiky à Andrekareka).

2. Une zone d'altération incomplète, avec conservation de « boules » de basalte dans l'argile. Ces « boules », dont la taille peut aller de quelques centimètres à plus de 1 mètre, sont disposées régulièrement en fonction de la structure primitive de la roche. Les cellules basaltiques se sont altérées à partir de la périphérie. Les « boules » correspondent à la partie centrale préservée des cellules basaltiques primitives non encore complètement altérées ; elles présentent un écaillage concentrique, en bulbe d'oignon. A Andrekareka elles sont dégagées de leur gangue argileuse sur l'estran, où elles donnent de « faux galets ».

3. La roche saine compacte, avec ou sans début d'altération le long des fissures et des joints intercellulaires.

Le recul des versants des collines se fait dans les zones 1 et 2 d'altération de la roche. La densité du chevelu hydrographique, fonction

de la forte pluviosité et de l'imperméabilité des zones superficielles d'altération argileuse, détermine une dissection assez fouillée, d'où une multitude de petites collines. Les pentes sont généralement de l'ordre de 20 à 30 degrés, rarement davantage. Cela tient à ce que dans cette partie de l'île, la destruction de la forêt ombrophile n'a pas entraîné la création de bad-lands. En effet cette forêt a été remplacée la plupart du temps par des plantations arbustives (caféiers, ylang-ylang) ; on a conservé aussi les espèces servant de support aux poivriers. L'existence d'un couvert arbustif protecteur explique pourquoi les phénomènes d'arrachement et la dissection en bad-lands sont rares, malgré un matériel argileux qui s'y prêterait fort bien s'il y avait déforestation complète ; on ne les observe que dans certaines parties déboisées du nord et du nord-ouest de l'île, où la végétation arbustive a été remplacée, dans les parties pâturées, par la prairie à *Hyparrhenia rufa* ou *Heteropogon contortus*.

Le substratum gréso-schisteux d'âge liasique, recouvert par les coulées basaltiques altérées, affleure dans le fond du talweg de la rivière de Fascène près de Marobengy. Les mêmes formations s'observent aussi en bordure de mer autour du massif du Lokobé dans la baie d'Ambanoro, et dans la presqu'île de Tafondro ; elles sont souvent fortement redressées vers le centre du massif intrusif. Nous n'avons pas observé d'affleurements du lias dans la péninsule de Befefiky, contrairement aux indications de la carte géologique au 1/200.000e mais seulement des basaltes, décomposés sur une épaisseur de plusieurs dizaines de mètres.

Les grès du Lias affleurent largement dans le nord de l'île, où ils constituent la pointe d'Ampilaho, et une grande partie des collines à l'intérieur de la péninsule septentrionale. A la pointe d'Ampilaho le pendage est de l'ordre de 15 à 20 degrés vers l'est-sud-est. Des différences de résistance à l'érosion des bancs constitués tantôt par des grès compacts, tantôt par des grès schisteux, entraînent l'apparition de reliefs monoclinaux allongés de direction nord-nord-est—sud-sud-ouest, avec, près de la pointe d'Ampilaho, une dissection en chevrons. L'altération des bancs gréseux compacts est peu profonde. On trouve généralement la roche en place saine sous une pellicule d'altération de quelques dizaines de centimètres. Dans les chevrons monoclinaux de la pointe d'Ampilaho la roche gréseuse saine vient même par endroits en affleurement. Les bancs plus schisteux ont subi une alteration plus profonde, mais non comparable en épaisseur à celle des basaltes : une coupe dans la falaise de la petite pointe rocheuse située entre Antsatrabevoa et Ambafaho, montre 3 à 4 mètres d'une argile sableuse rouge qui semble provenir de la décomposition sur place des grès schisteux à pendage vers l'est-sud-est, qui affleurent à la base de la falaise et sur l'estran. Dans la partie occidentale de l'île, que nous

allons décrire maintenant, le subtratum secondaire est complètement voilé sous les coulées volcaniques et sous un manteau de cinérites.

2° La région volcanique occidentale (fig. 50)

La moitié occidentale de Nosy Bé, à l'ouest d'une ligne allant approximativement de Kalampo, au fond de la baie de Befotaka, jusqu'à Hellville, est entièrement constituée par des roches volcaniques récentes : rhyolite, basanitoïdes, limburgite, ankaratrite, cendres et brèches basaltiques. Il est difficile de tracer une limite précise entre cette région volcanique et les collines latéritiques de l'est de l'île. En réalité la moitié orientale de Nosy Bé montre aussi de larges affleurements de roches volcaniques récentes. Mais c'est incontestablement dans la moitié occidentale que l'on rencontre les formes élémentaires les mieux conservées. Certains cônes de scories ont à peine été entamés par l'érosion.

On distingue dans cet ensemble occidental :

1°. Un massif principal surtout basaltique qui comprend les plus hauts sommets de l'île, à l'exception du Lokobe. C'est la région des « cratères lacs »

2°. Une plaine côtière occidentale entre le massif central et la mer, constituée par des lambeaux de terrasses voilés par un mince manteau de débris volcaniques (cendres et lapilli), et par le colmatage récent dans les vallées et les fonds de baies.

3°. Se surimposant aux deux unités précédentes, un grand nombre de constructions volcaniques élémentaires, dômes et cônes de scories, parfois accompagnées de coulées. Ces constructions, pour la plupart très récentes, et souvent parfaitement conservées, constituent l'élément le plus caractéristique et le plus pittoresque du paysage de Nosy Bé.

L'examen des matériaux volcaniques et des formes permet de conclure à l'existence de deux phases distinctes relativement récentes dans le dynamisme du volcanisme à Nosy Bé. Au cours d'une première phase hawaïenne, caractérisée par de vastes épandages d'un magma très fluide à haute température, de nature basaltique, s'est formé l'essentiel du grand massif volcanique occidental. Les manifestations volcaniques plus récentes, génératrices des nombreux cônes de scories de la plaine occidentale, présentent les caractères d'un volcanisme strombolien avec accumulation en « puys » des matériaux néogènes (c'est-à-dire constitués par du magma provenant de l'éruption) ; les coulées contemporaines de cette dernière phase sont rares et peu étendues.

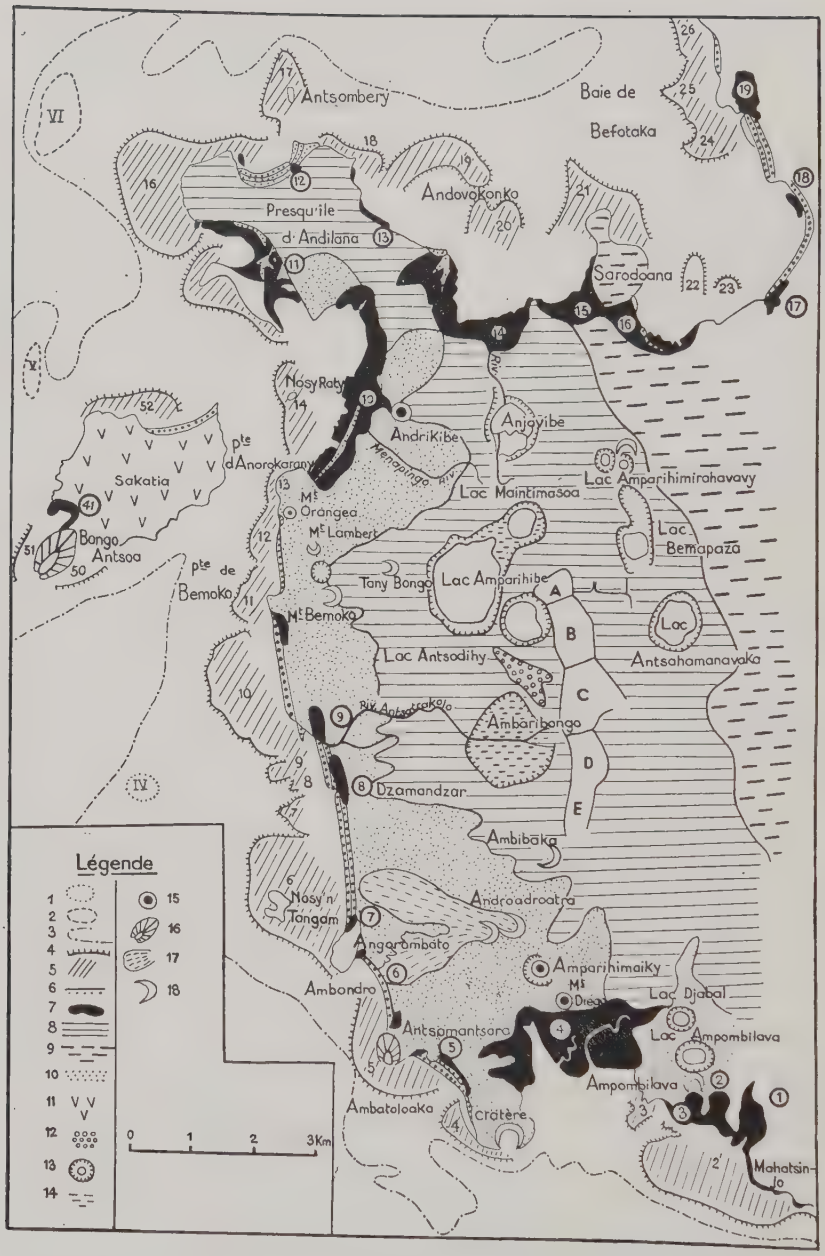


Fig. 50. — Carte morphologique de l'Ouest de Nosy-Bé.
1 : Courbe bathymétrique de moins 5 mètres autour des bancs. 2 : Courbe bathymétrique de moins 10 mètres autour des bancs. 3 : Courbe bathymétrique de moins 20 mètres. 4 : Bordure des principaux récifs coraliens. 5 : Herbier sur platier corallien. 6 : Principaux cordons littoraux. 7 : Mangroves. 8 : Massif

A. — Le massif principal occidental et les cratères lacs.

Le grand massif basaltique occidental, appelé aussi région des cratères lacs, s'allonge sur 13 kilomètres de la baie d'Andovokonko au nord, à la baie du cratère au sud. La largeur moyenne du massif est de 5 à 6 kilomètres. Le point culminant, le Bongo Pisa (326 mètres) se trouve dans le nord de cet ensemble. Ce massif constitue le principal château d'eau de l'île. Autour de lui les rivières divergent dans toutes les directions : vers l'est les rivières Ankarankely et Andriana, vers le sud les rivières Djabal et Androadroatra, vers le nord, la Kalampo et l'Andrahibe, vers l'ouest, l'Ankiabe, l'Ankaratra, l'Ambatobe, l'Antsatrakolo, enfin les rivières de Bevoalava et de Dzamandzar. La position occidentale de ce château d'eau détermine la dissymétrie générale est-ouest de l'hydrographie de l'île ; les rivières se dirigeant vers la côte est ont le chemin le plus long à parcourir avant de rejoindre la mer.

Les affleurements rocheux sont surtout constitués par des roches de la famille des basaltes. Mais la plupart du temps la roche saine disparaît sous un manteau de décomposition argileux plus ou moins épais, ou sous des cinérites stratifiées.

---

volcanique occidental. 9 : Collines latéritiques du centre et de l'est. 10 : Plaine côtière de l'ouest de Nosy-Bé. 11 : Relief de collines dans les rhyolites décomposées de Sakatia. 12 : Plateau de l'Antsidihy. 13 : Cratère-lac. 14 : Colmatage dans cratère-lac. 15 : Cône de scories, à cratère fermé. 16 : Dôme. 17 : Coulées récentes de l'Androadroatra. 18 : Cône de scories égueulé.

Toponymie des récifs coralliens (chiffres non cerclés). — 2 : Grand récif de Mahatsinjo. 3 : Petit récif de Mahatsinjo. 4 : Récif du cratère. 5 : Récif d'Antsamantsara. 6 : Récif de Nosy'n Tangam. 7 : Récif sud de Dzamandzar. 8 : Récif Central de Dzamandzar. 9 : Récif nord de Dzamandzar. 10 : Récif d'Ankibanivato. 11 : Récif de Bemoko. 12 : Récif d'Ambaro. 13 : Récif de la pointe d'Anorokarany. 14 : Récif de Nosy Raty. 15 : Récif de Jaolankena. 16 : Récif d'Andilana. 17 : Récif d'Antsombery. 18 : Récif nord d'Andovokonko. 19 : Grand récif d'Andovokonko. 20 : Récif sud d'Andovokonko. 21 : Récif de Sarodrano. 22 : Récif ouest d'Ambodimanga. 23 : Récif est d'Ambodimanga. 24 : Récif de Befotaka. 25 : Récif sud d'Antsakasaka. 26 : Récif Central d'Antsakasaka. 50 : Récif sud-est de Sakatia. 51 : Récif sud-ouest de Sakatia. 52 : Récif nord de Sakatia.

Toponymie des principales mangroves (chiffres cerclés). — 1 : Mangrove est d'Ampombilava. 2 : Mangrove centrale d'Ampombilava. 3 : Mangrove ouest d'Ampombilava. 4 : Mangrove du Djabal. 5 : Mangroves d'Ambatoloaka et Madirokely. 6 : Mangroves sud et nord d'Ambondro. 7 : Mangrove de l'Angorombato. 8 : Mangrove de Dzamandzar. 9 : Mangrove de l'Antsatrakolo. 10 : Mangrove d'Antsoa. 11 : Mangrove d'Anjiabe. 12 : Mangrove d'Andilana. 13 : Mangrove nord d'Andovokonko. 14 : Grande mangrove d'Andovokonko. 15 : Mangrove ouest de Sarodrano. 16 : Mangrove est de Sarodrano. 17 : Mangrove d'Ampasindava. 18 : Mangrove de Befotaka. 19 : Mangrove de l'Ankamarango.

Toponymie des principaux bancs coralliens sous-marins (chiffres romains) ; les profondeurs sont indiquées en mètres à partir du niveau des plus basses mers. — IV : Banc de Dzamandzar (3,8 m). V : Banc nord de Sakatia (8,8 m). VI : Banc d'Andilana (6,3 m).

Il faut distinguer deux sortes de cratères dans la région volcanique occidentale de Nosy Bé. Les uns se trouvent au sommet ou sur les flancs des buttes coniques, généralement isolées, des constructions de scories. Ils ne renferment habituellement pas de lac. La raison en est l'extrême perméabilité des matériaux constituant ces cônes. Les autres, généralement de plus grande dimension, ont une position topographique quelconque, et sont taillés à l'emporte-pièce dans la masse des matériaux volcaniques. Ils sont caractérisés par des parois abruptes, et contiennent ou ont contenu un lac.

Herland, qui a été le premier à signaler l'existence de cratères à Nosy Bé en 1854, a parfaitement distingué ces deux types de cratères, différents tant par leur morphologie que par leur position topographique.

Nous examinerons dans un chapitre suivant les cratères du premier type en même temps que les cônes de scories.

Les cratères du second type sont caractéristiques du grand massif occidental basaltique : Amparihibe, Bemapaza, Maintimasoa, Anjavibe, Amparihimirahavavy, Antsidihy, Antsahamanavaka et Ambaribongo, et, au nord-ouest d'Hellville, Ampombilava et Djabal. Leur forme est circulaire ou ovale. Les bords sont constitués par la lave basaltique consolidée ou par des lits de scories et sont presque toujours en pente très forte.

L'Andjavibe (fig. 51) présente de hautes parois abruptes de 60 mètres de dénivellation sur 100 mètres, soit une pente moyenne de 60%. Les parois du Maintimasoa sont encore plus raides : en un endroit, 95 mètres de dénivellation en 100 mètres, soit une pente voisine de 45 degrés. Le plus grand des cratères lacs est l'Amparihibe, qui mesure 1,8 kilomètre de longueur sur 1,5 de largeur. Les lacs qui occupent le fond de ces cratères sont à des cotes variées ; nous donnons ici celles fournies pour 4 de ces lacs par les cartes levées entre 1947 et 1949 par Defaysse : Amparihibe 62 mètres, Antsidihy 79 mètres, Maintimasoa 74 mètres, Anjavibe 13 mètres. Aucune donnée précise n'existe, à notre connaissance, concernant la profondeur de ces lacs de cratère.

On a quelquefois expliqué les formes du type « maar » (cratères lacs de l'Eifel, lac Pavin, lacs des monts Albani, lac de Bolsena en Italie) comme des formes d'explosion.

Cette explication nous semble difficile à appliquer aux cratères lacs de Nosy Bé.

Dans le cas d'une formation par explosion on devrait normalement trouver à proximité des cratères de grandes quantités de matériaux projetés. Pour des cratères aussi vastes que l'Amparihibe par exemple, il serait nécessaire d'imaginer la projection d'une masse considérable de débris, approximativement égale au volume de la cavité. En réalité

dans aucun cas la masse des débris de projection ne semble en rapport avec la taille des cratères.

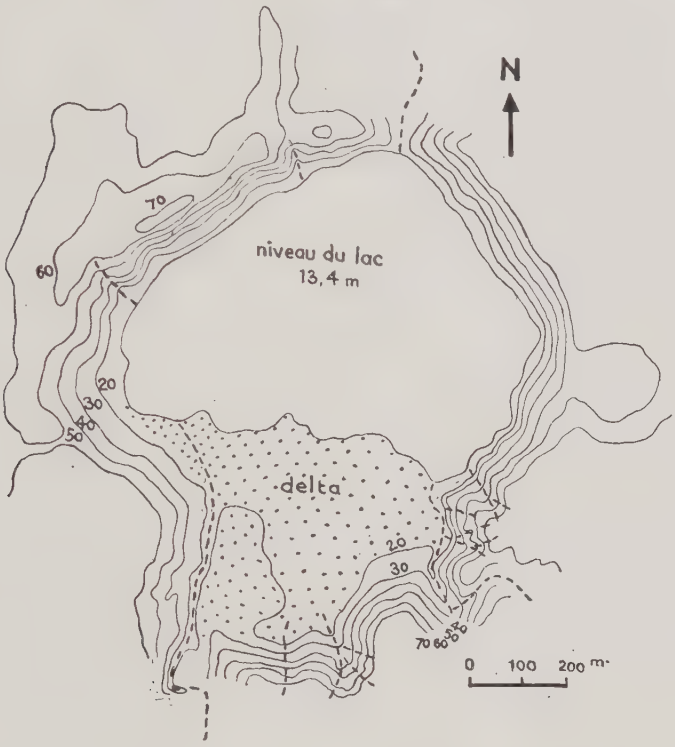


Fig. 51. — L'Anjavibe, cratère-lac en voie de comblement, d'après la carte au 1/10.000e de la compagnie Agricole et Sucrière de Nosy-Bé. Courbes hypsométriques de 10 mètres en 10 mètres.

L'hypothèse d'une formation de ces cavités par subsidence est la plus vraisemblable.

La subsidence serait due soit à une contraction interne du magma (comme pour le Crater Lake dans l'Orégon) soit à une baisse de niveau du pyromagma dans la cheminée entraînant une fissuration concentrique des bords du cratère, et un effondrement vertical dans le réservoir de magma (chaudières des volcans du type hawaïen).

Les grands cratères lacs du massif central sont morphologiquement identiques à la chaudière du Kilaunea aux îles Hawaï, quoique de plus petite taille (la chaudière du Kilaunea mesure 5 kilomètres de diamètre). Il est tout à fait courant qu'il y ait plusieurs de ces cavités côte à côte sur les flancs d'un même grand volcan de type hawaïen.

Plusieurs cratères-lacs sont des dépressions fermées, sans aucun déversoir : c'est le cas du cratère lac d'Ampombilava, des trois cratères lacs d'Amparimirahavavy, et de l'Antsahamanavaka. Les eaux des autres au contraire rejoignent la mer, du moins durant la saison pluvieuse. C'est le cas de l'Anjavibe, de l'Amparihibe, du Maintimasoa. L'Amparihibe et le Maintimasoa ne sont en communication entre eux qu'à la saison des pluies. En saison sèche l'Amparihibe se comporte comme une dépression fermée. Son niveau d'étiage est de 62,04 mètres (carte de Defaisse), alors que son déversoir vers la rivière Ankarabo est à 67,14 mètres.

L'alluvionnement des ruisseaux qui aboutissent aux lacs de cratères, et l'adoucissement de leurs rebords sous l'action des agents météoriques entraînent un comblement progressif des cavités et une diminution de la surface du plan d'eau. On observe dans le massif volcanique central tous les stades de ce comblement par alluvionnement.

Le lac Bemapaza, soit parce qu'il est plus récent, soit à cause d'une position topographique particulière réduisant au minimum le bassin versant, ne montre encore aucune trace de comblement.

L'Anjavibe, au fond duquel aboutissent deux ruisseaux assez importants, subit un comblement progressif par croissance d'un petit delta intérieur qui a déjà réduit d'environ un tiers la surface du plan d'eau (voir fig. 51).

Lorsque le lac posséde un déversoir, le plan d'eau s'abaisse aussi au fur et à mesure de l'érosion et de l'abaissement du seuil, et se réduit ainsi sans qu'intervienne obligatoirement l'alluvionnement dans le cratère.

L'Ambaribongo marque le terme de cette évolution. Cette cuvette circulaire à rebords abrupts est un ancien cratère lac qui a été complètement colmaté. Les alluvions de colmatage du fond de la cuvette sont actuellement entaillées en terrasses par la rivière Antsatrakolo qui rejoint la mer au sud de la pointe d'Angorombato.

Les alvéoles A,B,C,D et E de la carte morphologique (fig. 50) peuvent être interprétées comme d'anciens cratères à un stade encore plus avancé d'attaque par l'érosion. Le recul et l'adoucissement des versants a été poussé jusqu'à leur recoupement avec formation d'une ligne de crête étroite et sinueuse séparant les alvéoles contiguës.

A ce stade il ne demeure aucun témoin en terrasse du colmatage alluvial dans l'ancien cratère.

Le fond de l'alvéole C est entaillé par un grand nombre de petites ravines qui convergent vers un goulet situé à l'emplacement probable de l'ancien déversoir du cratère-lac. Le cratère originel, si cratère il y a, est devenu méconnaissable, transformé en un bassin de réception en forme de poire dont les eaux rejoignent la rivière Djabal.

L'étude de l'évolution morphologique des cratères lacs offre un bel exemple du jeu de l'érosion normale dans les régions volcaniques. L'action érosive est orientée vers un aménagement progressif de conditions originelles anormales au point de vue hydrographique créées par la construction volcanique. L'objectif final est l'harmonisation des systèmes de pentes et une hiérarchisation du réseau hydrographique. La forte pluviosité, et la rapide décomposition des roches basaltiques sous ce climat, expliquent la rapidité de la dissection du grand édifice hawaïen. Des planèzes primitives, il ne reste que d'étroits lambeaux : par exemple, le petit plateau de l'Antsidihy, entre le lac Antsidihy et l'Ambaribongo, entre 195 mètres et 215 mètres d'altitude, qui correspond sans doute à un morceau préservé sur une longueur de 700 mètres et une largeur de 300, de la surface terminale du grand volcan primitif.

Ailleurs, un chevelu hydrographique dense qui présente dans l'ensemble une disposition rayonnante, a finement disséqué la masse de l'édifice en un fouillis de collines allongées à crêtes aiguës.

B. — **La plaine côtière occidentale.**

Il s'agit des étendues moins accidentées situées entre la masse principale du grand massif basaltique et la ligne de rivage.

La largeur de cette plaine côtière varie de quelques centaines de mètres à 2500 mètres, avec une moyenne de 1500 mètres à Dzamandzar. C'est le domaine de la Compagnie Agricole et Sucrière de Nosy Bé, qui a trouvé là des espaces faciles à mettre en valeur, du fait d'un relief peu accidenté, et de terres particulièrement fertiles.

Cette plaine côtière est constituée :

a) Par la surface terminale à peu près horizontale d'un épais remblaiement cinéritique. Ce remblaiement a probablement formé à l'origine un glacis cinéritique continu en pente douce vers l'ouest. Il a été entaillé à une époque récente par le réseau hydrographique de quelques mètres à une trentaine de mètres selon les endroits. Plutôt qu'une véritable plaine on observe donc de larges lambeaux en terrasses que la carte au 1/10.000e levée par Defaysse qualifie quelquefois de plateaux : plateau de la Prairie au nord, de la Mission, d'Ambaro, de Bemoko, d'Ambalamanga, etc... qui descendent en pente douce de 30 ou 40 mètres au pied du massif basaltique, jusqu'à quelques mètres seulement à proximité du rivage. Des coupes nombreuses le long de la route ou dans les entailles des rivières permettent d'étudier les matériaux constitutifs de cet élément du relief : empilement de lits bien stratifiés de cendres (éléments de projection très fins) et de lapilli (éléments de projection plus grossiers) avec parfois interstratification de brèches ou de conglomérats volcaniques.

b) Par des alluvionnements marins et fluviatiles en rapport avec la transgression et le niveau de base flandriens : cordons de plage sableux, généralement couverts de cocotiers, argiles et vases salées des mangroves anciennes ou actuelles en arrière des cordons, enfin sables et argiles fluviatiles des fonds de vallées.

Cette zone basse côtière, généralement marécageuse, large de quelques centaines de mètres au maximum, sera étudiée en même temps que la morphologie du littoral.

C. — **Les constructions volcaniques élémentaires récentes.**

L'ouest de Nosy Bé comprend un bel ensemble d'une vingtaine de dômes et cônes simples, certains très récents, à peine attaqués par l'érosion. Ces formes volcaniques élémentaires construites se surimposent aux unités de relief précédemment décrites : de nombreux cônes de scories ont poussé au milieu de la plaine côtière occidentale ; d'autres sur les flancs ravinés du grand édifice basaltique plus ancien. Les éruptions ont dû se continuer jusqu'à une époque récente, puisque l'on trouve des matériaux de projection disposés en lits discordants dans le fond des vallées qui entaillent le glacis cinéritique général de la plaine côtière occidentale. D'autre part l'un de ces édifices volcaniques, le volcan du « Cratère » près d'Ambatoloaka, a rejeté parmi d'autres matériaux enallogènes (c'est-à-dire arrachés par « ramonage » aux terrains encaissants) des blocs de corail non recalcifiés, d'aspect tout à fait récent, et d'âge vraisemblablement flandrien ; une étude de l'âge absolu de ce corail permettrait de connaître l'âge maximum de la formation du volcan ; par comparaison de l'état de conservation du volcan du cratère avec l'état de conservation des autres appareils volcaniques, il serait alors possible de distinguer ceux qui sont plus récents de ceux qui semblent plus anciens.

La morphologie des appareils volcaniques de Nosy Bé diffère selon l'âge des éruptions et selon les caractères des phénomènes dynamiques qui leur ont donné naissance.

a) *Les dômes*

Parmi les dômes, on peut distinguer l'Antsamantsara (au nord d'Ambatoloaka) et le Bongo Antsoa (au sud de Sakatia), qui correspondent à des extrusions de lave visqueuse par une bouche sans cratère. Tous deux ont de fortes pentes, atteignant jusqu'à 45°. Sur leur face sud ils présentent une entaille violente dont nous n'avons pas pu expliquer l'origine ; peut-être correspond-elle à une grande fracture de la face sud des dômes, ensuite élargie par l'érosion.

b) *Les cônes de scories*

Les cônes de scories sont beaucoup plus nombreux que les dômes. Parmi ceux qui sont bien conservés, les uns présentent un cratère fermé, d'autres un cratére ébréché d'un côté. Certains de ces cônes présentent un aspect très frais et sont de formation certainement récente. Les deux Sadjoa, l'Androadroatra ou le Bemoko sont très réguliers, et à peine ravinés par l'érosion. Il s'agit toujours d'édifices peu élevés, généralement d'une centaine de mètres de hauteur relative (65 mètres pour le Bemoko, 100 mètres pour l'Andrikibe, 90 mètres pour le grand Tanibongo) et rarement plus de 150 mètres (160 mètres pour l'Androadroatra). Les pentes moyennes sont de 25 à 35° (Mont Orangea 25°, mont Andrikio 35°, Mont Diégo 30°).

Fig. 52. — Le cône oriental de l'Androadroatra vu de l'est. Dessin d'après une vue aérienne oblique de l'auteur.

α) *Les cônes ébréchés.* — La plus grande partie des cônes de scories de l'ouest de Nosy Bé présentent la particularité d'être ébréchés vers l'ouest ou le nord-ouest. L'édifice a alors une forme générale en

croissant. On sait qu'au moment de la formation des cônes de ce type, les matériaux projetés (cendres et lapilli et, dans une certaine mesure, les bombes elle-mêmes) tendent à s'accumuler du côté sous le vent de l'édifice. Le côté au vent se construit donc moins vite et demeure surbaissé par rapport au côté sous le vent. Les coulées partent alors du cratère, de préférence par le côté le moins élevé, égueulant ainsi l'édifice. A Nosy Bé nous expliquons l'ouverture vers l'ouest de la plupart des cratères des cônes par l'action du vent dominant qui, au moment des dernières éruptions, devait venir, comme actuellement, du secteur nord-ouest.

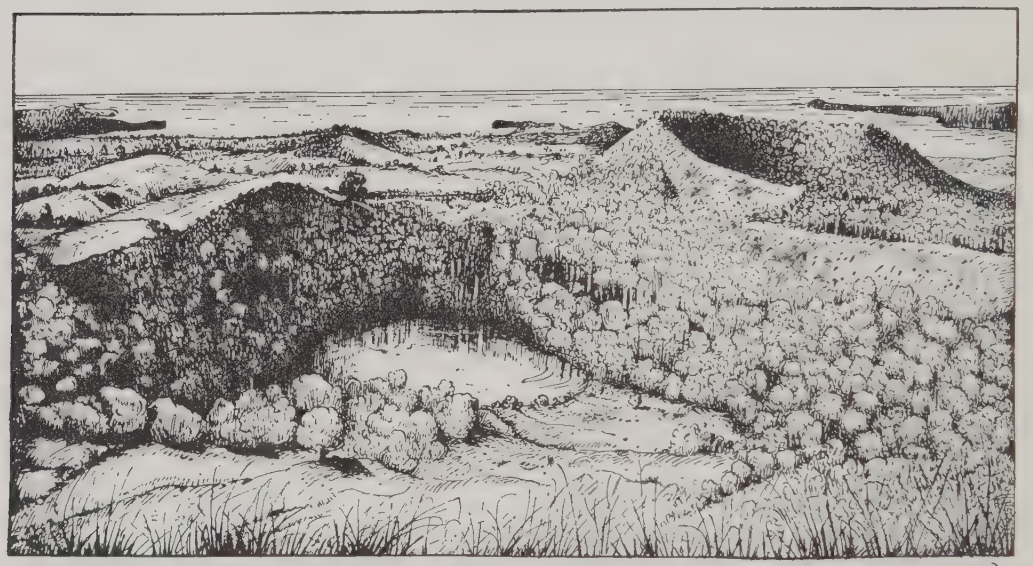


Fig. 53. — Le lac de cratère et le cône de l'Amparihimirahavavy, vus du sud. Au fond, la baie de Befotaka. Dessin d'après une photographie de l'auteur.

A. Lenoble a invoqué la même raison pour expliquer l'égueulement vers le sud-ouest d'un grand nombre des cônes du Massif de l'Itasy.

L'*Androadroatra* (fig. 52) est en réalité constitué par deux cônes distincts accolés, tous les deux égueulés vers l'ouest et le nord-ouest. La hauteur de l'édifice atteint 221 mètres au signal de l'Androadroatra. Du cône oriental une coulée dont les limites sont bien nettes sur la photographie aérienne (R-33-004) s'est répandue vers l'ouest jusqu'à deux kilomètres environ du cratère, au sud de l'usine de la Compagnie Sucrière.

Le *Mahatsinjo* a probablement eu à l'origine une morphologie semblable. Mais les formes sont beaucoup moins fraîches. La partie sud du volcan, en forme de croissant, correspond à un ancien cratère égueulé vers l'ouest. Mais il est difficile de dire si une seconde entaille dans la partie septentrionale du volcan est une forme volcanique originelle défigurée par l'érosion, ou une déchirure postérieure à la formation du volcan.

Le *Mont Lambert* (71 mètres), le *Tanibongo* (122 mètres) et le *Bemoko* (90 mètres fig. 54) sont de petits cônes dont la dissymétrie semble de manière typique d'origine éolienne.

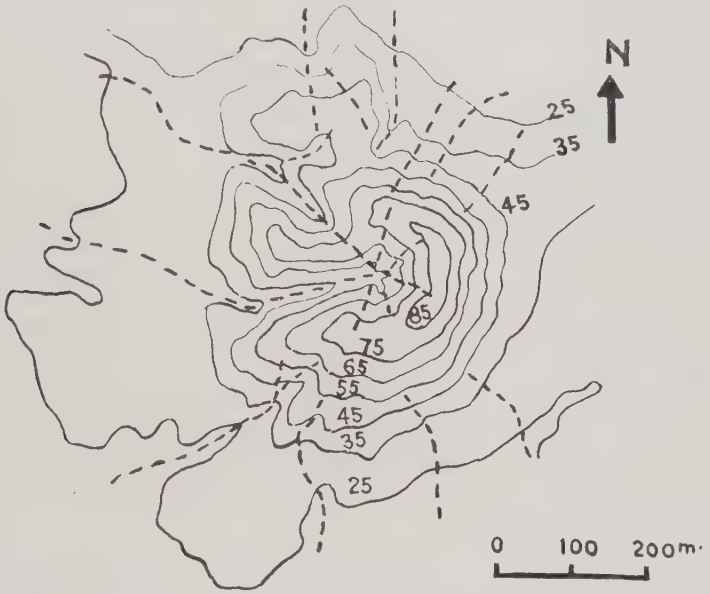


Fig. 54. — Le Bemoko, cône de scories de la plaine occidentale de Nosy-Bé, d'après la carte au 1/10.000e de la Compagnie Agricole et Sucrière de Nosy-Bé.

Le *cône d'Ampombilava* est, contrairement au cas général, égueulé vers le sud-sud-est. Il faut rappeler à ce sujet que, en dehors de l'action du vent dominant, l'égueulement d'un cratère peut avoir son origine dans une fissuration de l'une des parois, causée par la tectonique, par des phénomènes de tassement, ou plus simplement par la pression de la lave. D'autre part, on sait que dans certains cas quelques jours suffisent à l'édification des cônes de ce type, surtout lorsqu'ils sont de petite taille, comme c'est le cas pour le cône d'Ampombilava. Il suffit que, au moment de la période d'édification, le vent ait soufflé d'une direction différente de la direction dominante pour que l'égueulement de l'édifice soit orienté d'une manière qui semble aberrante.

β) *Les cônes non ébréchés.* — Le *Sadjoabe* et le *Sadjoakely* sont deux cônes parfaits extrêmement bien conservés, à cratère entièrement fermé. Du fait de leur âge récent et d'une couverture végétale dense, il n'y a pas encore eu d'attaque des parois par les barrancos. Le cratère du Sadjoabe mesure 200 mètres de grande dimension, et une vingtaine de mètres de profondeur. Celui du Sadjoakely environ 70 mètres de diamètre, et une dizaine de mètres de profondeur. Ils sont entièrement occupés par la forêt, et ne contiennent pas de lac, ce qui s'explique par la perméabilité des matériaux de projection qui constituent les cônes.

L'*Andrikibe* (146 mètres) a un cratère de la même taille que celui du Sadjoabe, mais il s'agit d'un édifice plus ancien, déjà sensiblement démantelé. Un système rayonnant de barrancos entaille le pourtour de l'édifice. Le cratère a cessé d'être une dépression fermée, et est drainé vers le nord par une étroite ouverture. On remarque, ici aussi, que la partie la plus élevée de l'édifice se trouve à l'est (signal d'Andrikibe) c'est-à-dire du côté sous le vent.

Le *Mont Diégo* possédait sans doute à l'origine un cratère non égueulé. Mais l'état avancé de dissection du cône (nombreux barrancos) a entraîné l'ouverture du cratère, et l'organisation d'un drainage de ce dernier vers le nord-nord-ouest.

L'*Amparihimaiky* est un cas particulier par ses formes d'emboîtement. Dans un cratère de 300 mètres de diamètre environ, dont il ne demeure que le rebord occidental en arc de cercle, a poussé un cône plus récent très régulier, entièrement boisé, avec cratère central fermé, profond d'une quinzaine de mètres, et de 100 mètres de grande dimension.

γ) *Les édifices volcaniques immergés.* — Le volcan du Cratère, l'Ambariotendraka (ou Tafianambitry) et l'Andovokonko représentent trois stades de l'attaque par la mer d'un édifice volcanique élémentaire.

Dans le cas du volcan du Cratère, près d'Ambatoloaka, l'édifice volcanique primitif est encore bien reconnaissable. Mais sa partie sud-ouest a été rongée par la mer, qui a envahi l'intérieur du cratère. La passe d'entrée a une centaine de mètres de largeur. La carte marine au 1/25.000e n° 5128 indique une profondeur de 6 mètres à l'intérieur envahi du cratère. Ainsi que l'a signalé A. Guilcher (1956) des pieds de coraux et un herbier tapissent le fond de cet abri naturel. Les coraux sont seulement posés sur le sable ou la vase, et on peut les soulever avec la main.

Dans le cas de l'Ambariotendraka (fig. 65) les deux tiers de l'édifice volcanique ont été démantelés par l'érosion marine. Seul demeure le pan oriental, en forme de croissant, qui culmine à 58 mètres ; il est constitué par des lits de cinérites relativement tendres à pendage vers

l'extérieur de l'édifice primitif, c'est-à-dire vers le nord, le nord-est et l'est. Autour du cratère, les parties abrasées de cet ancien volcan servent de socle à un récif corallien, avec une bordure externe de corail vivant, et un herbier à Cymodocées.

Dans le cas du volcan d'Andovokonko (fig. 50) il ne reste rien de l'édifice primitif, qui a été complètement arasé. Le plan du volcan se retrouve parfaitement dans la forme semi-circulaire du récif corallien auquel il a servi de socle. Des pointements de roches volcaniques subsistent dans la partie occidentale. L'ensemble, avec la couronne corallienne, mesure 1200 mètres de diamètre. Le cratère primitif, envahi par la mer, correspond à une dépression centrale profonde de 6 mètres et d'un diamètre de 600 mètres. On y pénètre par une passe qui interrompt le récif corallien du côté oriental.

P. Lemoine, dans sa thèse (1906), interprète comme des édifices volcaniques ennoyés avec cratère, plusieurs accidents sous-marins repérés au large de Nosy Bé, au sud du banc de l'Entrée, et près du banc Nouveau (fig. 129 et 130 de l'ouvrage cité).

3° Le massif du Lokobe

Le Lokobe forme l'extrémité nord-est de Nosy Bé, péninsule de forme massive, qui culmine à 455 mètres (cote de la carte marine n° 5128 de la partie sud de Nosy Bé). C'est un massif entièrement boisé très différent, tant par sa structure que par son relief, du reste de Nosy Bé.

Au point de vue géologique, c'est un massif intrusif de roches éruptives post-liasiques, qui ont pénétré et soulevé la couverture gréso-schisteuse du début et du milieu du Secondaire. Il a donc la même origine que Nosy Komba, le massif d'Ankify, et les monts du Sambirano, avec lesquels il constitue un alignement nord-sud caractéristique jalonnant probablement une ligne de faiblesse de l'écorce terrestre. La partie centrale du massif est syénitique (affleurements dans les fonds de vallées et sur les versants). Dans les parties nord-ouest (village d'Ampasindava) et nord-est (près d'Ampasimpohy) affleurent aussi des granites et des microgranites alcalins, et à la pointe du Lokobe, et près de Tafondro, des bostonites quartziques en venues filoniennes.

Sur le pourtour du massif affleurent en bordure de mer au fond de la baie d'Ambanoro, à la pointe du Lokobé, et dans la presqu'île de Tafondro, de nombreux témoins de la couverture sédimentaire liasique, avec fort redressement des lits schisteux vers la partie centrale de l'intrusion.

Le relief du Lokobe s'explique par la résistance exceptionnelle des syénites et des granites alcalins à la décomposition biochimique. On

constate que les argiles latéritiques sont beaucoup moins épaisses sur ces roches que sur les sédiments secondaires du pourtour (presqu'île de Tafondro). Elles sont même souvent inexistantes. Presque partout la roche saine vient en affleurement non seulement dans les fonds de talwegs, mais sur les pentes, sous la forme de boules dont la taille est déterminée par la densité du réseau de diaclases. A la pointe sud du Lokobe, ces boules forment des chaos sur l'estran, où elles sont dégagées de leur gangue argileuse. Lorsque l'on monte sur les pentes à travers une forêt ombrophile très dense, on circule entre des boules semblables non encore entièrement dégagées dont les plus grosses mesurent six à huit mètres de grande dimension. Les fissures sont tapissées par la végétation. L'altération de la roche semble se borner aux joints des diaclases. Les quartiers de roches ainsi disjoints ne s'usent ensuite que très lentement, soit par micro-écaillage (écailles de quelques centimètres carrés et 1 à 5 millimètres d'épaisseur que l'on peut détacher avec l'ongle) soit par désagrégation granulaire surtout probablement sous l'action des plantes (lianes, mousses et lichens).

Au-dessus de la Factorerie d'Ampasindava la cote 420 mètres est à 450 mètres seulement de la mer ; soit une pente moyenne voisine de 45°. Dans la partie sud du massif, on relève des pentes moyennes voisines de 40° (une cote 413 à 500 mètres de la mer). Ces fortes pentes sont naturellement défavorables à la formation et à la conservation d'une épaisse couverture d'altération latéritique.

Le réseau hydrographique n'est pas rayonnant, comme on s'y attendrait normalement étant donné la forme générale massive du Lokobé, mais nettement orienté selon une direction grossièrement méridienne. Il faut chercher à cela des raisons structurales. Les bandes de roches résistantes constituant l'intrusion s'allongent en effet, semble-t-il, selon une direction générale nord-sud. Cela est net en particulier pour les bostonites quartziques. Il est possible qu'il faille faire intervenir de surcroît une fracturation méridienne de l'ensemble. On peut remarquer que cette direction correspond à celle de l'alignement des quatre grands massifs : Lokobe, Nosy Komba, Ankify, Monts du Sambirano. Nous retrouverons à Nosy Komba une disposition structurale semblable, se répercutant aussi sur le tracé du réseau hydrographique, et sur l'orientation des principaux éléments du relief : vallées étroites et crêtes aiguës, en alignements nord-sud grossièrement parallèles.

II — LA MORPHOLOGIE DU LITTORAL DE NOSY BE

La nature très variée des roches affleurant le long des rivages de Nosy Bé crée une assez grande diversité dans la morphologie des estrans et offre un champ d'étude étendu. Dans une première partie

nous décrirons les formes d'érosion dans la roche en place, qui diffèrent selon la nature lithologique des estrans et des falaises marines. Les formes de colmatage, liées à la quantité et à la nature des sédiments livrés à la dérive littorale, ainsi qu'aux phénomènes d'exposition, feront l'objet de la seconde partie.

Les récifs coralliens seront étudiés dans un chapitre à part ; leur étude pose en effet un grand nombre de problèmes particuliers, qui méritent de faire l'objet d'un chapitre spécial.

1° La morphologie des estrans rocheux

Les affleurements de la roche en place se limitent généralement aux falaises et à la partie supérieure de l'estran. Dans la partie inférieure de l'estran la roche en place disparaît sous un recouvrement de vase, de sable ou de corail. Nous envisagerons successivement la morphologie des estrans dans les roches éruptives grenues et dans les roches volcaniques. Nous laisserons de côté la morphologie des estrans dans les roches sédimentaires : les formes sont en effet les mêmes que celles déjà décrites sur le littoral oriental et dans les îles de la Baie d'Ampasindava.

A. — **Granites et syénites du Lokobé**

Nous avons déjà dit un mot dans le chapitre précédent de la résistance des roches éruptives du Lokobé à l'action des processus d'érosion subaérienne. Ces roches, peu sensibles à la décomposition biochimique donnent peu d'argiles latéritiques. L'altération se produit surtout le long des plans de diaclases, d'où l'individualisation de parallélépipèdes de roche saine qui tendent, par émoussement des angles, à prendre une forme en « boules ». Entre le village d'Ampasindava et la pointe sud de Lokobe on peut observer ces boules complètement dégagées, dans la partie supérieure de l'estran, des arènes et des argiles de décomposition (fig. 55). Généralement il n'y a pas de véritable falaise, puisque la roche en place ne présente pas un front continu à l'érosion marine, et puisque l'épaisseur des argiles de décomposition superficielle est faible, parfois même insignifiante.

Les boules observables sur l'estran sont presque toutes de grande taille (de quelques mètres à une dizaine de mètres de grande dimension). Les formes d'altération sont de deux types :

a) Autour du niveau des hautes mers de grande marée, et un peu au-dessus, on observe des cupules de corrosion, généralement de quelques centimètres de diamètre, quelquefois 15 centimètres à 20 centimètres pour les plus grandes. Ces formes de corrosion sont

localisées dans ce que l'on peut appeler la « zone des embruns ». Elles ont une disposition quelconque. On peut les expliquer par l'action corrosive des sels marins dans la partie tout à fait supérieure de l'estran. Cette partie de l'estran reçoit en effet les embruns tout en restant la plupart du temps émergée. La concentration des sels s'effectue par évaporation de l'eau conservée, lors des grandes marées ou au moment des tempêtes, dans les moindres irrégularités de la surface de la roche.

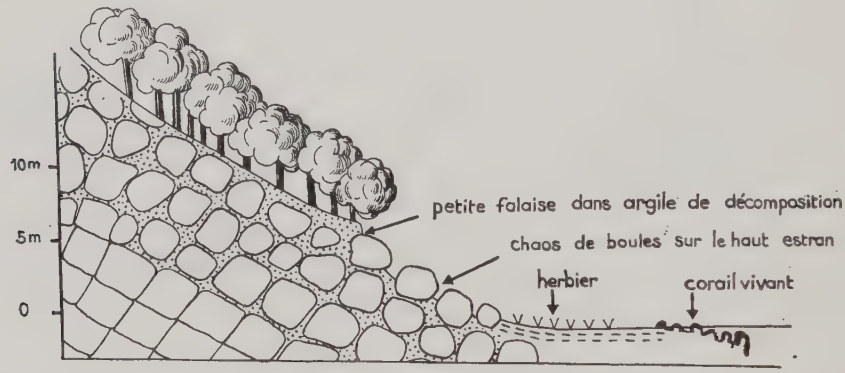


Fig. 55. — Décomposition en boules des granites et syénites sur le littoral occidental du Lokobe. Croquis schématique. En pointillé, décomposition sur place de la roche le long des plans de diaclases.

C'est ce même processus qui a été invoqué pour expliquer l'approfondissement des mares à encorbellement de la plateforme de haute mer dans les calcaires et les grès calcaires (Guilcher 1953 ; Battistini 1957) ; la différence de taille des formes de corrosion finales dans les deux cas résulte de l'extrême différence de solubilité existant entre les granites et les syénites d'une part, les calcaires et les grès d'autre part.

b) A tous les niveaux de l'estran on observe une micro-desquamation, par enlèvement de petites écailles de quelques millimètres d'épaisseur et quelques centimètres de surface. Les parties récemment écaillées de la roche apparaissent en plus clair. Contrairement aux cupules de corrosion propres à la zone des embruns, cette forme d'attaque de la roche s'observe ailleurs qu'à proximité de la mer, ainsi que nous l'avons déjà signalé dans le chapitre précédent. Pour l'expliquer on peut faire intervenir des phénomènes d'hydratation ou l'action d'une microflore, ou les deux à la fois, dans la pellicule tout à fait superficielle de la roche exposée à l'air. Les différences de température sont insuffisantes semble-t-il pour être rangées parmi les

causes possibles de ce processus d'attaque de la roche, car ce micro-écaillage s'observe aussi dans les parties de la roche continuellement à l'ombre, ou en sous-bois.

B. — Basaltes, basanitoides et ankaratrites

Une grande partie des roches de la famille des basaltes sont caractérisées, au point de vue qui nous intéresse ici, c'est-à-dire des formes d'érosion qu'elles présentent sur l'estran, par une structure cellulaire, habituellement polygonale en « nids d'abeilles ».

Les coulées de type « aa », fréquentes dans l'ouest de Nosy Bé, font exception, et ne présentent pas de structures cellulaires.

La seconde caractéristique des roches de la famille des basaltes est leur sensibilité aux phénomènes de corrosion dans la zone intertidale, sensibilité infiniment plus grande que celle des roches érup-

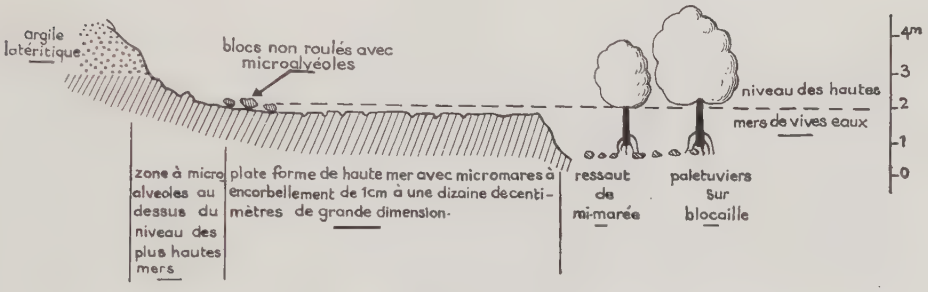


Fig. 56. — Morphologie du haut estran dans les brèches basaltiques à la pointe de Bemoko. Coupe transversale schématique.

tives grenues, mais moins grande toutefois que celles des roches calcaires. D'où une grande richesse de formes que nous allons passer en revue.

a) *La plateforme de haute mer*

Dans les roches de la famille des basaltes on observe souvent l'individualisation d'une plateforme dans la partie supérieure de l'estran aux environs du niveau des plus hautes mers (fig. 56). Cette plateforme, large de quelques mètres, est sensiblement horizontale dans l'ensemble, et très irrégulière dans le détail (microformes de corrosion et ébauches de cuvettes à encorbellement). Au point de vue géomorphologique c'est l'homologue de la plateforme de haute mer décrite dans le sud-ouest de Madagascar dans des roches grésocalcaires (Battistini 1957).

b) *Les mares à fond plat étagées*

Les formes que l'on peut observer sur le littoral de l'Antsamantsara sont identiques à celles décrites par WENWORTH (1938-39) aux îles Hawaï. Il s'agit de mares à fond plat de quelques dizaines de centimètres à quelques mètres de grande dimension, étagées les unes par rapport aux autres. Une petite cloison constitue la bordure externe à la retombée de la mare supérieure sur la mare inférieure. La dénivellation entre deux mares est très variable, et peut aller de quelques centimètres à un mètre. Humidifiées en période de grande marée ou de tempête, ces mares sont desséchées en période de morte eau. Une mince couche de sel revêt alors fréquemment leur fond. WENTWORTH les explique aux îles Hawaï comme des formes de dissolution dues principalement à l'action des sels concentrés par évaporation.

c) *Le rempart externe*

Toujours sur le littoral de l'Antsamantsara, il arrive que la zone des mares à fond plat soit séparée des déferlements par un bourrelet de basalte large de quelques mètres formant contrepente sur l'estran. Ce rempart est en relief de quelques dizaines de centimètres par rapport au fond des mares les plus externes. Aux îles Hawaï, WENTWORTH explique cette forme par l'action des déferlements qui, sur la bordure externe du platier rocheux, empêcherait les sels de se concentrer. Cette bordure subirait donc un « retard à la corrosion » par rapport à la partie plus interne où cette concentration des sels serait plus souvent réalisée.

d) *Les formes en coussinets* (fig. 57)

Les formes de ce type sont observables à Andilana, en face de la partie orientale de la cocoteraie. Le basalte qui affleure dans la partie moyenne et supérieure de l'estran présente des cellules polygonales de 50 centimètres à 2 mètres de grande dimension. La partie centrale des cellules reste en relief de quelques dizaines de centimètres (jusqu'à 80 centimètres dans un cas) par rapport au reste arasé du platier. Cela donne des coussinets disposés de manière régulière sur l'estran en fonction du réseau cellulaire. Les plus importants coussinets en relief correspondent souvent aux cellules les plus grandes. Les cellules de petite taille sont au contraire fréquemment arasées. La réduction de la partie centrale des cellules restée en relief se fait par écaillage concentrique.

e) *La décomposition en boules et la formation des « faux galets »*

Dans de nombreux cas, la roche basaltique qui affleure sur l'estran a déjà subi une décomposition biochimique plus ou moins poussée avant même d'être exposée aux actions marines. Entre Andremakabo et Andrekareka sur le littoral oriental de Nosy Bé, la décomposition subaérienne s'est limitée, en certains endroits, à la partie périphérique des cellules, tandis que la partie centrale n'était que peu ou pas altérée. Il en résulte le dégagement sur l'estran de « boules » basaltiques, de quelques décimètres à un mètre de grande dimension, que l'on pourrait prendre au premier abord pour des galets. En réalité la mer s'est contentée la plupart du temps de dégager le cœur resté sain des cellules, de la partie externe altérée.

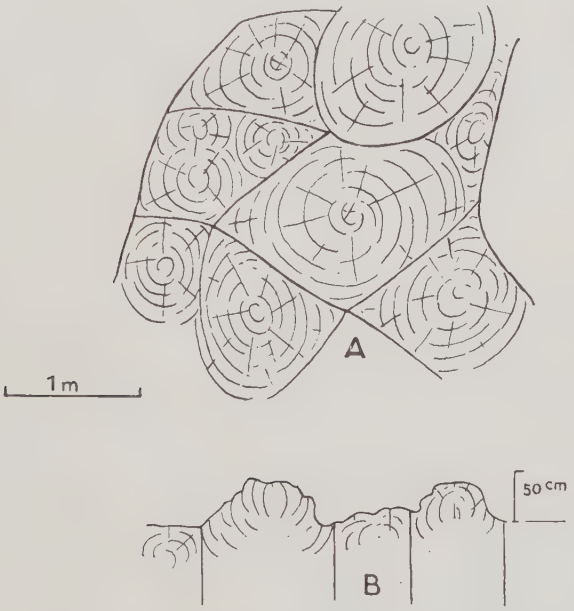


Fig. 57. — Structures cellulaires dans des basaltes à Andilana, sur le haut estran : A, en plan ; B, en coupe transversale. Individualisation de formes en « coussinets » correspondant à la partie centrale en relief des principales unités cellulaires.

f) *Les cellules de très grande taille du platier d'Ampiherenana.*

A la pointe d'Ampiherenana, dans la partie nord-est de Nosy Bé, le basalte présente des macro-cellules de 4 à 6 mètres de grande dimension, de forme régulière (polygones de 5 à 8 côtés). La partie centrale

des cellules est découpée par des fissures indépendantes du réseau des mailles des grands polygones. Ces fissures facilitent le débitage de la roche en gros quartiers anguleux. Les cloisons des grands polygones comprennent sur une largeur de 10-20 centimètres une partie en creux, petite gorge centrale, large de quelques centimètres, évidée entre deux bourrelets étroits légèrement en relief.

g) *Les structures en orgues*

Des structures en orgues existent à Nosy Bé (baie de Mahatsandry) et dans les petites îles voisines (Nosy Raty, les Ambariotelo). Les orgues peuvent apparaître en coupe longitudinale dans la falaise, ou transversale sur l'estran.

C'est dans les Ambariotelo entre le Lokobe et Nosy Komba, que l'on peut observer le plus beau platier dans des orgues basaltiques. La partie centrale des tuyaux d'orgue qui ont ici entre 15 centimètres et 30 centimètres de diamètre, est en relief. Les cloisons sont au contraire évidées de quelques centimètres. Une disposition semblable se retrouve à Nosy Raty entre Sakatia et la baie d'Antsoa.

C. — **Rhyolites**

L'île de Sakatia est rhyolitique, à l'exception de l'extrémité méridionale constituée par le dôme d'ankaratrite du Bongo Antsoa.

Les rhyolites sont décomposées en argiles latéritiques sur une épaisseur qui semble atteindre 15 mètres en certains endroits (coupes du nord de l'île). Cette altération de la roche en place se fait irrégulièrement, c'est-à-dire qu'en certains endroits la décomposition de la roche est plus profonde qu'en d'autres. Sur la côte sud-est de l'île, les parties de la roche restées saines sont dégagées de l'argile latéritique, et sont mises en valeur sous la forme de chicots résiduels de quelques mètres à une dizaine de mètres de hauteur. Ces « monadnoks » d'un type particulier constituent les caps, et de petites îles dont l'îlot de Fihamena est un exemple typique. Dans la partie supérieure de l'estran la roche en place restée saine se résout en amas de petites boules de l'ordre du mètre, en fonction d'un système de diaclases assez serrées.

D. — Cinérites et brèches cinéritiques

Les matériaux de projection volcanique ont habituellement une disposition stratifiée. Certains lits sont surtout formés de cendres (ne dépassant par le millimètre) ; d'autres de lapilli (petits débris bulleux de 1 millimètre à 10 centimètres de diamètre). Enfin on trouve des débris plus grossiers, des blocs, ou des bombes volcaniques.

Au cratère d'Ambatoloaka, et autour du cône à moitié réduit par la mer d'Ambariotandraka, les lits superposés de cendre et de lapilli en pente de 25 à 35°, qui viennent en affleurement dans la falaise marine, sont finement ciselés par l'érosion différentielle ; les lits ayant la composition granulométrique la plus fine sont habituellement évidés par rapport aux lits contenant davantage de lapilli. Sur l'estran, les cinérites sont découpées en petits lapiès de quelques centimètres de grande dimension. Près d'Ambatoloaka cette érosion difiérentielle s'exerçant sur des lits d'une plus grande épaisseur, et en pente forte vers la mer, détermine sur l'estran une véritable morphologie de micro-cuestas, déjà décrite par A. Guilcher (1956).

Dans le cas de brèches volcaniques, contenant de plus gros éléments de projection, blocs ou bombes, inclus dans une pâte plus fine cinéritique (cas du littoral de l'Angorombato), on observe un évidement des cinérites interstitielles, finement lapiazées, tandis que les parties non cinéritiques restent en relief par érosion différentielle. La surface de l'estran est alors hérissée par les angles saillants des blocs en voie de dégagement de leur ciment. La même morphologie s'observe dans le cas des coulées de type « aa ». Ce mode d'évolution libère un grand nombre de blocs qui ne présentent souvent pas de façonnement marin, et peuvent cependant constituer des amas importants, même dans des endroits bien abrités de la houle.

2° Les formes de colmatage

A. — Les matériaux des cordons et des plages

Les matériaux fournis à la dérive littorale sur l'estran sont abondants et de nature variée.

L'attaque par la mer d'un relief de collines, profondément latéritisées, surtout dans le nord et dans l'est de Nosy Bé, fournit d'importantes quantités d'argiles qui vont se fixer surtout dans le fond des grandes indentations de la ligne de rivage colonisées par la mangrove (baie de Mahatsandry, baie de Fascène, baie d'Ambatozavavy). Le tonnage de matériaux argileux fournis à la dérive littorale par l'usure des falaises marines est cependant sans doute moindre que celui apporté à la mer par les rivières en saison de pluies. Les matériaux de grande taille (graviers et blocs) que l'on trouve dans les levées collées à la falaise sont surtout des blocs de basalte, des lapilli, ou des morceaux de corail mort. Nous avons déjà décrit le mode de formation des « faux galets » de basalte. Ces « faux galets » peuvent constituer dans certaines parties de l'île, sur le haut de l'estran (par exemple aux environs d'Andrekareka) des amas très importants de gros blocs plus ou moins arrondis, qui ne montrent que peu ou pas de traces de façonne-

ment par la mer. Les brèches volcaniques et les coulées de type « aa » fournissent aussi des blocs de taille variable et généralement anguleux à l'origine. Il faut tenir compte aussi des scories fournissant des éléments grossiers (blocs, bombes, ou lapilli), qui sont dégagés par la corrosion du ciment de cendre fine qui les lie, et sont libérés sur l'estran.

Les matériaux de taille intermédiaire (sables et sablons) jouent un rôle morphologique essentiel. Ce sont en effet eux qui constituent la plupart des grands cordons littoraux. Certaines des roches en affleurement sur les estrans de Nosy Bé ne fournissent que peu de matériaux de la taille des sables et sablons. C'est le cas des basaltes qui sont surtout attaqués par corrosion. Au contraire les roches éruptives grenues du Lokobe fournissent en abondance des grains de quartz. Il en va de même pour certains affleurements du lias. On trouve toutefois souvent des sables dans lesquels de petits débris de basalte sont assez nombreux pour donner une couleur noire à l'ensemble du sédiment. Mais dans ce cas les grains paraissent avoir plutôt leur origine dans des scories basaltiques que dans des basaltes de coulées attaqués sur l'estran.

Les sables de la côte ouest et nord de Nosy Bé sont surtout constitués par des débris coralliens et coquilliers :

a) *Bemoko* (prélèvement n° 45) : sable de la haute plage, prélevé au niveau des hautes mers moyennes. 95% du total dissout par l'acide chlorhydrique à 1/5 (débris coralliens et coquilliers). Résidu : quelques minéraux noirs non déterminés.

b) *Befotaka* (prélèvement n° 42) : sable de la haute plage, prélevé un peu au-dessous du niveau des hautes mers moyennes. 87% du total dissout par l'acide (débris coralliens et coquilliers). Résidu : surtout des grains de basalte entre 0,300 et 0,800 m. m.

c) *Nosy Fanihy* (prélèvement n° 46) : sable prélevé dans la partie centrale de la queue au niveau de mi-marée. Gravillon corallien et quelques débris de coquilles. Aucun résidu non calcaire après attaque à l'acide.

Les sables contenant plus de 50% de grains basaltiques sont rares (2 échantillons sur 32 recueillis).

Les sables à forte proportion de quartz sont localisés autour du Lokobé :

a) *Tsangabanian*, près de la pointe sud du Lokobé (prélèvement n° 63) : sable prélevé un peu au-dessous du niveau des hautes mers moyennes : 30% du total dissout par l'acide (débris coralliens et coquilliers). Les 70% qui restent sont constitués pour les 3/4 par de

LÉGENDES DES PLANCHES XIX A XXI

Planche XIX

A. — Structures cellulaires de très grande taille dans des basaltes, sur le platier d'Ampiherenana.

B. — Structures cellulaires prismatiques (orgues) de petite taille sur le platier des Ambariotelo de Nosy Bé. Évidement des cloisons et mise en saillie de la partie centrale des cellules.

Planche XX

A. — Vue aérienne oblique des Ambariotelo de Nosy Bé. Au fond, le Lokobé et la pointe de Tafondro.

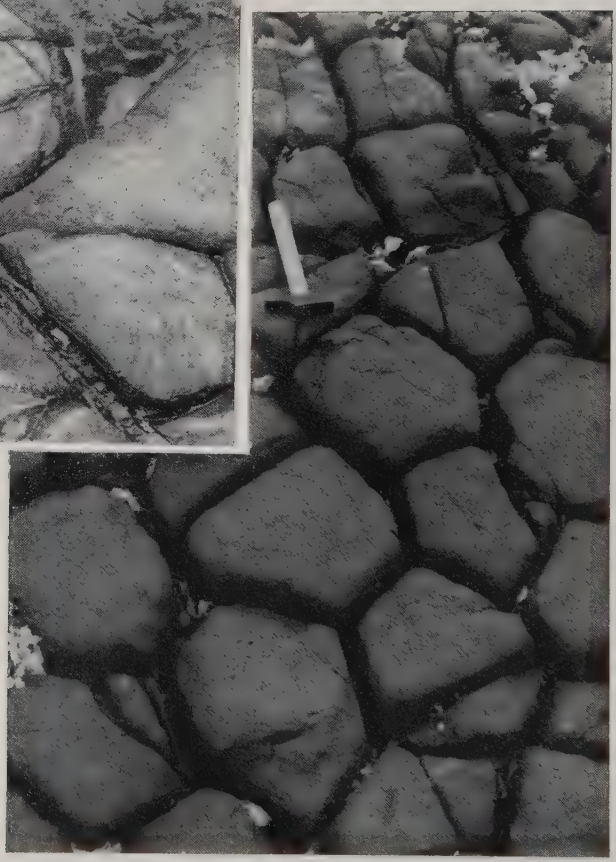
B. — L'accumulation sous le vent d'Ambariotelo de Nosy Bé. La figure humaine, sur la gauche, donne l'échelle. Au fond, les pentes orientales de Nosy Komba.

Planche XXI

A. — Nosy Komba, vu du nord-est, depuis l'accumulation sableuse sous le vent d'Ambariobe.

B. — Nosy Bé. L'intérieur de l'ancien cratère-lac colmaté de l'Ambaribongo. Au premier plan, champs de canne à sucre. Dans le fond, la muraille abrupte constituant le rebord du cratère.

A

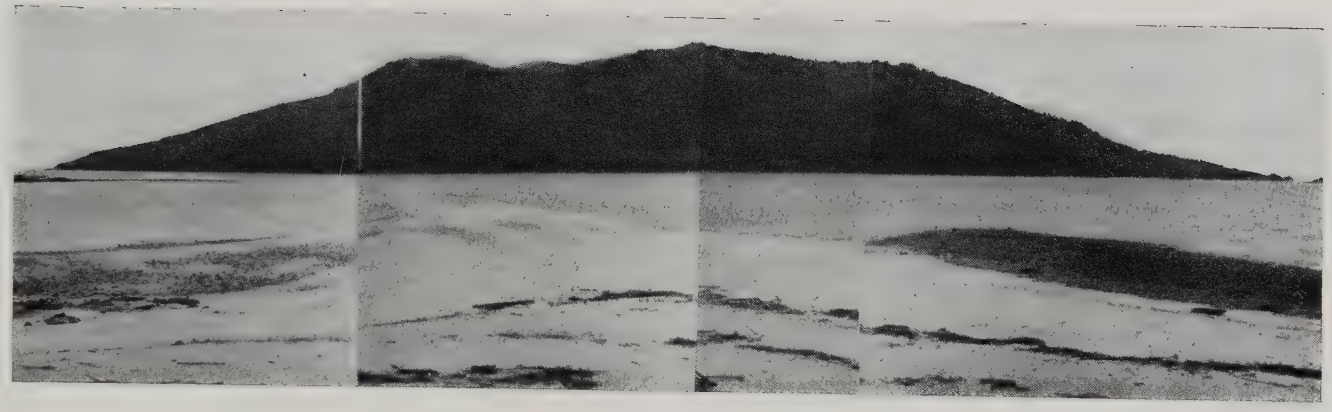


B

(Photographies R. Battistini)

A

B *(Photographies R. Battistini)*



A

(Photographies R. Battistini)

B

gros grains de quartz à peine roulés à anguleux, et par quelques grains lourds de nature non déterminée.

b) *Ambalahonko* (prélèvement n° 19) : 25% du total réduit par l'acide. Les 75% qui restent sont en majeure partie constitués par de petits grains de quartz (entre 100 μ et 300 μ) peu façonnés par la mer.

Lorsque l'on remonte du Lokobe vers le nord, sur la côte ouest de Nosy Bé, on constate que le quartz disparaît totalement comme minéral constitutif du sable des plages. Par exemple à Ambatolaoka et à Dzamandzar le sable de la haute plage est constitué surtout par des débris calcaires et par une proportion variable de grains volcaniques noirs, mais ne contient pas de grains de quartz.

Les matériaux de la taille des sables et sablons ont une répartition assez constante au point de vue granulométrique le long d'une coupe transversale de l'estran. On remarque que les sables de la haute plage et ceux de l'herbier à Cymodocées sont d'une manière générale plus grossiers que ceux d'une zone intermédiaire, située entre l'herbier et la levée de haute plage, autour du niveau de la mi-marée ou un peu au-dessous.

A *Ampandoma*, un prélèvement (n° 68) dans la partie inférieure de l'estran entre l'herbier et la levée de haute plage montre un seul maximum, situé à 160 μ, surtout constitué par de fins débris calcaires d'origine corallienne ou coquillière. Dans le sable prélevé sur la levée au niveau moyen de haute mer (n° 67) on retrouve ce maximum de 160 μ, mais très atténué. Un second maximum beaucoup plus important apparaît, constitué par des débris coquilliers et coralliens plus grossiers (315 μ).

A *Ampanasina* il a été fait trois prélèvements selon une coupe transversale de l'estran, l'un dans l'herbier à Cymodocées (n° 38), l'autre à 150 mètres en avant de la haute plage (n° 40), enfin le troisième au niveau moyen de haute mer (n° 39). L'échantillon prélevé dans l'herbier, peu au-dessus du niveau de basse mer, montre un maximum à 315 μ, constitué presque uniquement par des débris plats de coquilles de bivalves. Cet échantillon ne contient pas de grains de quartz ou de basalte. 80% du sédiment est compris au-dessus de 315 μ (voir Annexe 1).

Lorsque l'on s'éloigne de l'herbier pour se rapprocher de la mangrove externe, le matériel constituant l'estran devient plus fin. Un échantillon prélevé à 150 mètres de la haute plage présente un seul maximum de 80 μ. Ce sable très fin est de couleur noire. Il est constitué pour les deux tiers par de fins débris calcaires, et pour un tiers par de fins débris de basalte et des minéraux noirs non déterminés. 99% du sédiment est compris au-dessous de 200 μ.

Le prélèvement fait au niveau des hautes mers moyennes présente un maximum à 200 μ. 90% de la totalité du sédiment se trouve au-dessus de 200 μ. On remarque de nombreux débris coralliens et coquilliers, bien roulés (contrairement au sable prélevé dans l'herbier près du niveau de basse mer), et de nombreux grains de basalte très bien roulés.

Une répartition granulométrique du même type que celle de l'estran d'Ampanasina a été observée et étudiée à Dzamandzar, et à Bevoalavo.

B. — Les types d'accumulation

a) *Les grèves accrochées à la roche en place à leurs deux extrémités.*

Ce type d'accumulation est le plus fréquent. Nous ne reviendrons pas sur la description des caractères généraux, qui a déjà été faite dans le chapitre consacré aux cordons littoraux de la baie d'Ampasindava. Nous nous contenterons de passer en revue quelques-unes des accumulations de ce type qui existent à Nosy Bé.

Les nombreuses petites grèves sableuses (environ une vingtaine) de la côte du Lokobé entrent dans cette catégorie. Elles représentent le cas le plus simple de petites grèves de quelques dizaines de mètres de longueur perpendiculaires à la houle dominante, blotties dans les rentrants de la ligne de rivage. Pour la plupart d'entre elles il n'y a pas d'exutoire interrompant le cordon : les eaux douces venant de l'amont franchissent en effet le cordon par infiltration, ou bien s'écoulent à la surface de la plage. Il n'y a pas non plus d'enclave mangrovienne en arrière du cordon, qui est directement accolé au relief continental.

Les accumulations plus importantes, de quelques centaines de mètres de longueur, possèdent habituellement une mangrove interne, et obligatoirement un exutoire qui coupe le cordon, donc une morphologie plus complexe. L'apparition d'un delta sableux d'estran est lié à l'existence de l'exutoire.

Befefiky (fig. 58). — L'accumulation de Befefiky fait la transition entre la grève élémentaire du type Lokobé et l'accumulation simple à exutoire et delta d'estran. Longue de 200 mètres, cette grève sableuse barre une petite anse entre deux pointes basaltiques. Le cordon est légèrement décollé du relief continental : en effet, les eaux apportées par la rivière de Befefiky stagnent en une mare allongée en arrière de l'accumulation sableuse, qu'elles franchissent dans la partie méridionale de l'anse. Cet exutoire a une existence éphémère, creusé et élargi en saisons des pluies ou après les gros orages par les arrivées d'eau douce, bouché par étalement du cordon au moment des étiages. La quantité d'eau de mer qui pénètre en arrière du cordon au moment des grandes marées, ou lorsque l'exutoire est largement ouvert, est

insignifiante. Le petit delta d'estran d'une cinquantaine de mètres de largeur environ, qui s'étale en face de l'exutoire, n'a donc lui aussi qu'une existence éphémère ; il est formé presque exclusivement par l'écoulement de l'eau douce en provenance de l'intérieur de l'île. Le terme de delta de marée que l'on peut employer quelque fois pour désigner les formes de ce type, ne convient donc pas ici, alors qu'il est parfaitement justifié dans d'autres cas, par exemple lorsqu'il existe en arrière des cordons une mangrove interne suffisamment vaste remplie d'eau de mer et vidée à chaque marée.

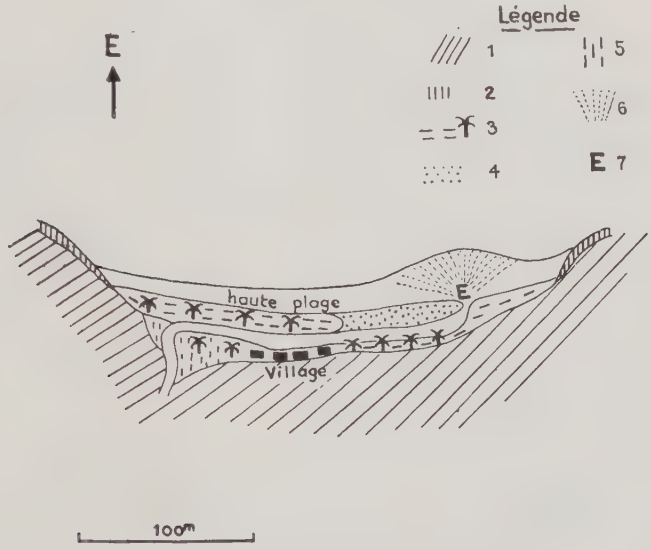


Fig. 58. — Formes de colmatage de l'anse de Befefiky.
1 : Collines latéritiques. 2: Platier rocheux sur le haut estran. 3 : Partie insubmersible du cordon avec cocotiers. 4 : Partie submersible aux hautes mers de vives eaux du cordon. 5 : Rizières. 6 : Delta sableux d'estran. 7 : Embouchure du ruisseau de Befefiky.

Ankalampobe (fig. 59). — Longue d'environ 400 mètres, l'accumulation d'Ankalampobe est déjà d'un type plus évolué, avec exutoire latéral et petite mangrove interne envahie à chaque marée. Les crêtes de plage anciennes qui constituent l'accumulation s'étendent sur une largeur d'une centaine de mètres environ. Une partie des crêtes les plus anciennes a été consolidée en un beach-rock qui affleure dans la berge de la petite rivière d'Ankalampobe. La partie la plus récente de l'accumulation est actuellement en voie d'accroissement sur toute la longueur de la plage : une frange presque continue couverte par la « Patate à Durand » sépare la haute plage des crêtes de plage un peu plus anciennes qui portent des cocotiers.

Mahatsandry. — L'accumulation de Mahatsandry est du même type, avec mangrove interne bien développée, et exutoire légèrement déjeté vers le sud. En face s'étale un beau delta d'estran, que l'on peut appeler ici delta de marée puisqu'il est formé surtout par l'écoulement de l'eau de mer hors de la mangrove interne au jusant.

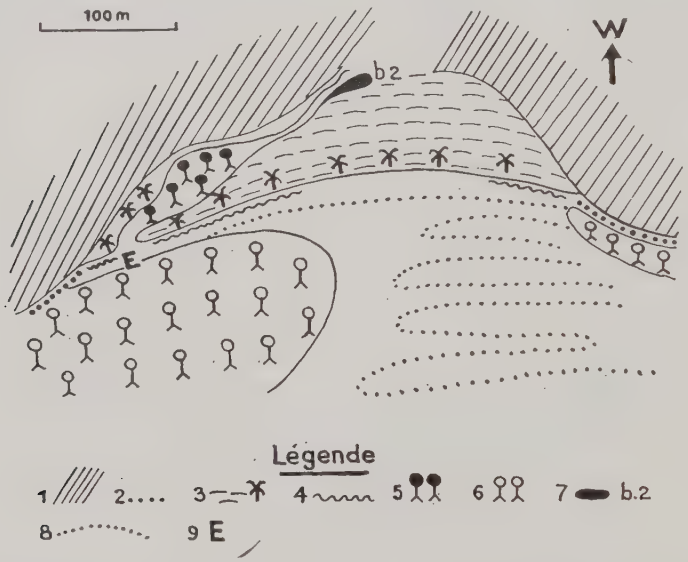


Fig. 59. — Formes de colmatage de l'anse d'Ankalampobe.
1 : Collines latéritiques. 2 : Levée de gros galets de basalte. 3 : Cordons sableux avec cocotiers. 4 : Formes de progression du cordon avec Patate à Durand. 5 : Mangrove interne sur vase. 6 : Mangrove externe sur sable et sur blocs de basalte. 7 : Beach rock. 8 : Haute plage sableuse et crêtes d'avant-plage. 9 : Exutoire de la mangrove interne.

Ambatolaoka (fig. 60). — Avec l'accumulation d'Ambatoloaka, nous passons à un type plus complexe à exutoires et mangroves internes multiples. La taille de l'accumulation n'est plus de l'ordre de quelques centaines de mètres, mais de plus de un kilomètre. Le principe de formation de l'ensemble reste cependant toujours le même avec disposition de la grève face à la houle dominante, conformément à la loi de Lewis et Schou. La grève d'Ambatolaoka s'étend en arc de cercle sur 2 kilomètres entre les deux points d'appui constitués au nord par le volcan de l'Antsamantsara, au sud par le volcan du Cratère. Il existe deux points d'appui secondaires, l'un au nord du village d'Ambatoloaka, l'autre au nord de Madirokely.

Les mangroves internes sont au nombre de trois. L'une, accolée au rebord méridional de l'Antsamantsara, a déterminé sur l'estran la formation d'un très vaste delta de marée large de 300 mètres, entre

Madirokely et l'Antsamantsara. Les deux autres, de forme allongée, suivent la direction de sillons ; elles ont un exutoire commun, en face duquel s'est étalé le beau delta de marée d'Ambatoloaka. Un troisième exutoire existe dans la partie méridionale de la baie, contre le relief du volcan du cratère ; mais il ne dessert pas de mangrove ; il permet seulement aux eaux de ruissellement de rejoindre la mer en saison des pluies.

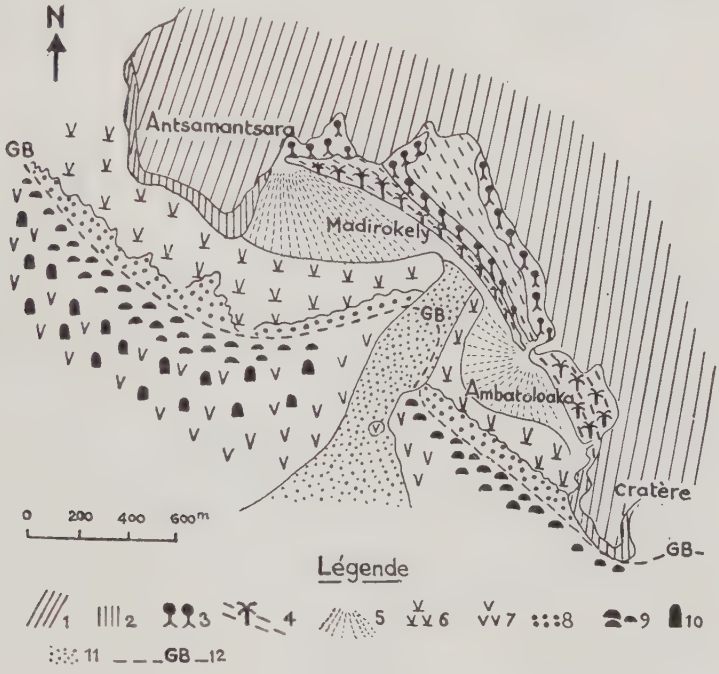


Fig. 60. — Morphologie de l'anse d'Ambatoloaka.
1 : Collines latéritiques. 2 : Platier rocheux sur le haut estran. 3 : Mangrove. 4 : Cordons sableux avec cocoteraie. 5 : Delta sableux d'estran. 6 : Herbier supérieur. 7 : Herbier inférieur. 8 : Crête détritique externe. 9 : Bordure de corail vivant. 10 : Pinacles isolés de corail vivant. 11 : Fonds de sable nu. 12 : Laisse des basses mers de vives eaux.

Ambondro. — L'accumulation d'Ambondro est assez semblable à celle d'Ambatoloaka. Comme dans cette dernière, les cordons sableux s'arquent entre deux points d'appui volcaniques, l'Angorombato au nord et l'Antsamantsara au sud. L'ensemble de l'accumulation mesure 1600 mètres du nord au sud.

En arrière des crêtes de plage récentes, s'étendent trois ensembles de palétuviers. Deux mangroves internes latérales, s'accolent de

chaque côté de la baie, contre l'Angorombato au nord et l'Antsamantsara au sud. Ces mangroves, qui occupent des angles morts de l'accumulation sableuse, pénètrent en golfes dans les petites vallées du relief continental pré-flandrien. Leur débouché s'insère, aux deux bouts de la plage, entre les points d'appui volcaniques et l'extrémité des crêtes de plage récentes. La mangrove interne centrale s'allonge sur 700 mètres, parallèlement à la direction de la plage, en arrière des crêtes récentes qui portent le village d'Ambondro ; elle communique avec la mer par un exutoire situé à 300 mètres environ au sud du village d'Ambondro.

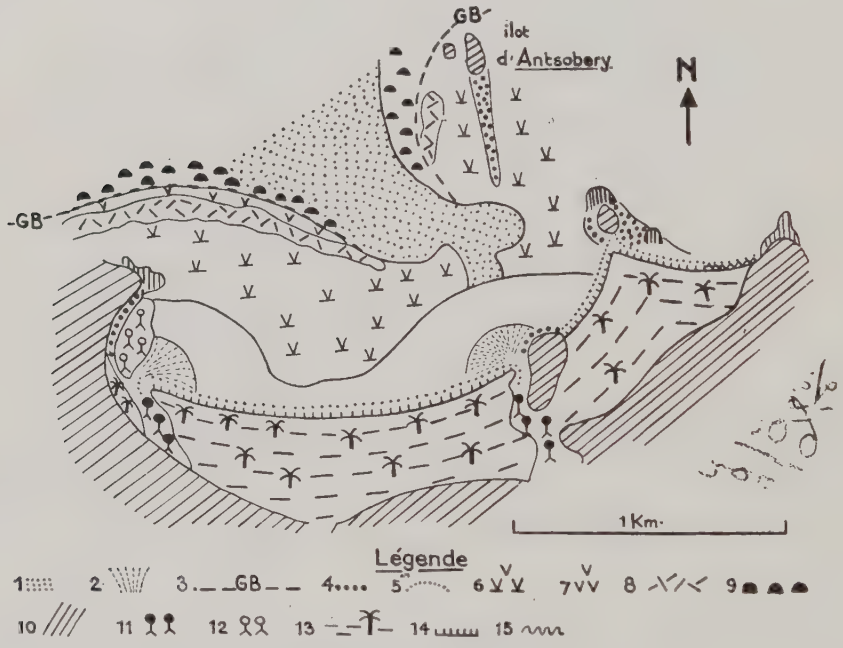


Fig. 61. — Morphologie de l'anse d'Andilana.
1 : Fonds de sable nu. 2 : Delta sableux d'estran. 3 : Laisse des grandes basses mers de vives eaux. 4 : Levée de blocs de basalte. 5 : Limite de la haute plage sableuse. 6 : Herbier interne. 7 : Herbier externe. 8 : Crête détritique externe. 9 : Bordure de corail vivant. 10 : Collines latéritiques. 11 : Mangrove interne. 12 : Mangrove externe. 13 : Cordons sableux avec cocoteraie. 14 : Formes d'érosion et de recul du cordon avec cocotiers arrachés. 15 : Formes de progression du cordon avec Patate à Durand.

Andilana (fig. 61). — L'accumulation d'Andilana présente une morphologie un peu plus complexe du fait de l'existence de deux points d'appui centraux de nature basaltique. On retrouve cependant

les mêmes éléments morphologiques qu'à Ambatoloaka et Ambondro : mangroves internes accolées au relief préflandrien et exutoires latéraux accompagnés de deltas de marée. Presque partout la mer attaque en microfalaise les crêtes de plage externes. Des cocotiers déchaussés ou abattus sur la haute plage témoignent de ce recul qui aurait atteint en un endroit 12 mètres en 4 ans (1).

Bien d'autres accumulations de l'île sont à ranger dans la catégorie des grèves accrochées à la roche en place à leurs deux extrémités : Antsatrabevoha, Ambafaho, Ambohodoy, Befotaka, les plages du littoral de Bemoko et de Dzamandzar, Ampasimpohy, etc... Mais il n'est pas possible de les décrire ici chacune séparément.

b) *Les pouliers barrant un estuaire ou une baie.*

Ambalahonko. — La baie d'Ambalahonko a son origine dans l'envahissement par la mer d'une dépression d'érosion différentielle de type « périphérique » entre le massif de roches éruptives du Lokobe et la couverture liasique redressée de la presqu'île de Tafondro-Ampandoma. Le fond de la baie est occupé par une belle mangrove interne, séparée de la mer libre et d'une mangrove externe par une accumulation sableuse en forme de poulier.

Le poulier d'Ambalahonko a une forme générale en massue. Il s'appuie aux collines gréseuses de la presqu'île de Tafondro et s'allonge de l'est vers l'ouest sur 250 mètres environ. Il porte une cocoteraie autour du village d'Ambalahonko. L'émissaire de la mangrove est accolé au Lokobé. Une accumulation sableuse a été édifiée de l'autre côté, qui n'est pas une véritable flèche, mais un banc immergé aux hautes mers. Le façonnement du poulier se fait sous l'action des vagues, malgré la barrière protectrice constituée par la mangrove externe, large d'une centaine de mètres. Même par mer calme, en effet, les vaguelettes se propagent fort bien au milieu des troncs de palétuviers, et viennent battre une plage sableuse dont la pente moyenne est comprise entre 10 degrés et 15 degrés.

Ambatozavavy (fig. 62). — L'accumulation sableuse d'Ambatozavavy est un poulier double, avec deux flèches construites à partir de chacune des rives de la baie. La flèche septentrionale est enracinée à l'emplacement du village d'Ambatozavavy. Sa longueur est d'environ 500 mètres. Sa forme générale est extrêmement effilée ; la flèche méridionale a aussi environ 500 mètres de longueur, mais est beaucoup plus massive. La mangrove externe, large de 100 à 200 mètres et dis-

(1) Renseignement fourni par le gérant de la concession Hassanaly d'Andilana.

continue, est établie sur une blocaille anguleuse de grès. La mangrove interne couvre une vingtaine d'hectares en arrière des deux flèches ; au contraire de la mangrove externe, elle est établie sur vase et sable fin vaseux. L'ouverture de la mangrove interne mesure environ 150 mètres entre les pointes des deux flèches, qui sont recourbées en crochet vers l'intérieur sous l'action de la houle.

Une zone de vase nue large de quelques dizaines de mètres sépare la mangrove interne de la ligne des plus hautes mers. Il existe des ébauches de cordon sableux interne en arrière de cette mangrove, ce qui montre que les vagues parviennent à traverser la zone des palétuviers sans perdre toute leur force.

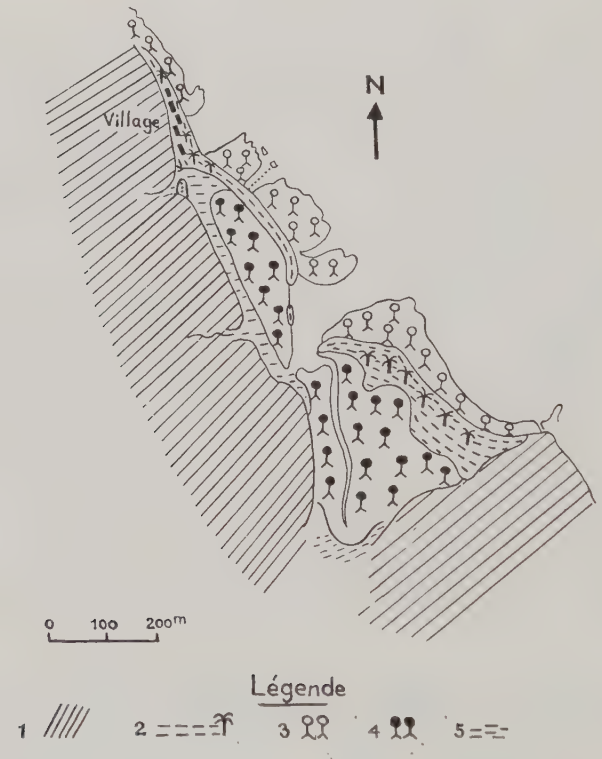


Fig. 62. — Cordons littoraux et mangroves d'Ambatozavavy.
1 : Collines latéritiques. 2 : Cordons sableux avec cocoteraie. 3 : Mangrove externe surtout sur blocaille. 4 : Mangrove interne sur vase. 5 : Vase sans végétation en arrière de la mangrove interne.

Ampanasina. — La fermeture de la grande mangrove d'Ampanasina, qui couvre entre 25 et 30 hectares, est le fait d'un poulier

double en chicane. L'exutoire de marée de la mangrove a une forme en S caractéristique. La dérive littorale semble ici n'avoir qu'une influence modérée sur le modelé de ces formes, qui sont surtout adaptées à la violence des courants de flot et de jusant de desserte de la mangrove interne.

L'accumulation double, qui protège la mangrove interne d'Ambohimahabibe, et l'accumulation simple à aspect palmé d'Antsakoabe entrent aussi dans la catégorie des pouliers.

c) *Les queues de comète*

La plupart des petites îles ou des écueils rocheux de la côte de Nosy Bé possèdent une accumulation de matériaux détritiques du côté opposé à l'incidence de la houle dominante. Ces accumulations, de forme « en traînées » sont souvent constituées par des matériaux grossiers : blocs ou galets provenant du point d'appui rocheux ou graviers coralliens. Les matériaux sont de moins en moins grossiers au fur et à mesure que l'on va de l'enracinement vers l'extrémité de l'accumulation. Les accumulations de ce type à un seul point d'appui sont parallèles, et non plus perpendiculaires, aux forces formatrices, conformément à une autre loi énoncée par Schou. On peut parler d'accumulation sous le vent à une extrémité libre, par opposition aux accumulations au vent, qui ne migrent pas parce qu'elles sont encadrées entre deux pointes rocheuses.

Les petits écueils ou îlots proches de la côte de Nosy Bé qui possèdent une accumulation de ce type sont les suivants : Ambariotsimaramara, Nosy Raty, Nosy Vato, Antsombery, Ambariotandraka, Nosyn'Tangam, et l'îlot d'Antafianbitry.

Il s'agit toujours d'accumulations submersibles. Les queues de comète de Nosyn'Tangam et Nosy Raty mesurent une centaine de mètres de longueur, et sont essentiellement sableuses.

Nosy Vato, Ambariotsimaramara, et Antsombery montrent à l'enracinement des accumulations de gros blocs et des galets de basalte. A l'extrémité libre de la queue on trouve des matériaux plus fins : graviers et sable corallien.

L'accumulation sous le vent de Nosy Vato est d'aspect filiforme. Elle mesure 200 mètres de longueur sur une largeur moyenne d'une quinzaine de mètres.

L'accumulation sous le vent d'Antsombery, surtout constituée par des galets de basalte de grande taille à l'enracinement, plus petits vers l'extrémité libre, présente le même aspect général, sur une longueur totale d'environ 300 mètres.

d) *Les flèches à pointe libre subparallèles au rivage*

La flèche d'Andranogoaka (fig. 63) dans la partie nord de la baie d'Ambatozavavy, est la seule accumulation de Nosy Bé à entrer sans cette catégorie de formes. Longue de 400 mètres, cette flèche est constituée près de son enracinement, et dans les 200 premiers mètres, par de gros galets de basalte. Les 200 derniers mètres, vers l'extrémité de l'accumulation, sont constitués par du sable. Cette partie sableuse s'infléchit vers le littoral de la presqu'île de Befefiky, mais sans le rejoindre. Dans l'angle mort, à l'abri de l'accumulation, on observe un assez vaste espace de vase nue, et une mangrove à *Avicennia marina*.

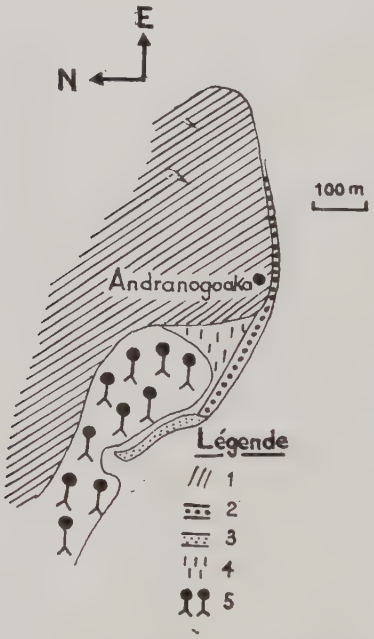


Fig. 63. — La flèche d'Andranogoaka.
1 : Collines latéritiques. 2 : Levée de blocs et de galets de basalte. 3 : Levée sableuse. 4 : Vase sans végétation dans l'angle mort entre la mangrove et le cordon. 5 : Mangrove.

e) *Les tombolos*

Le terme de tombolo désigne une flèche réunissant une île à la côte voisine. L'accumulation s'explique par la réfraction des vagues derrière l'île, ou par la diffraction de chaque côté de l'île, avec dépôt de matériaux au point de rencontre des deux trains d'ondes diffractés.

La forme la plus intéressante de ce type est à Nosy Bé l'accumulation complexe d'Ambodimahabibo (fig. 64). Elle comprend un tombolo simple, accroché à un premier point d'appui rocheux, avancé, et un tombolo double accroché à un second point d'appui rocheux de plus grande taille en arrière du premier. Le tombolo double, de forme triangulaire, contient à l'intérieur, entre les deux levées, un espace de vase nue submersible à marée haute, qui est l'équivalent morphologique d'une lagune résiduelle.

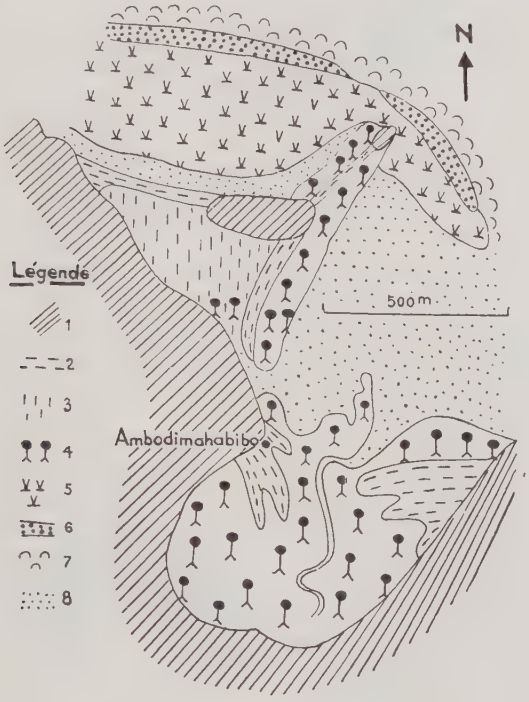


Fig. 64. — Les formes de colmatage littoral d'Ambodimahabibo.
1 : Collines latéritiques. 2 : Levée insubmersible. 3 : Vase sans végétation entre les deux levées du tombolo double. 4 : Mangrove. 5 : Herbier. 6 : Crête détritique externe du platier corallien. 7 : Bordure du corail vivant. 8 : Estran et fonds de sable nu.

3° Les récifs coralliens de Nosy Be

Les caractères généraux des récifs coralliens de Nosy Bé ont déjà été énoncés par A. Guilcher (1956). Nosy Bé est presque entièrement entourée par des récifs frangeants. Mais ces récifs présentent un

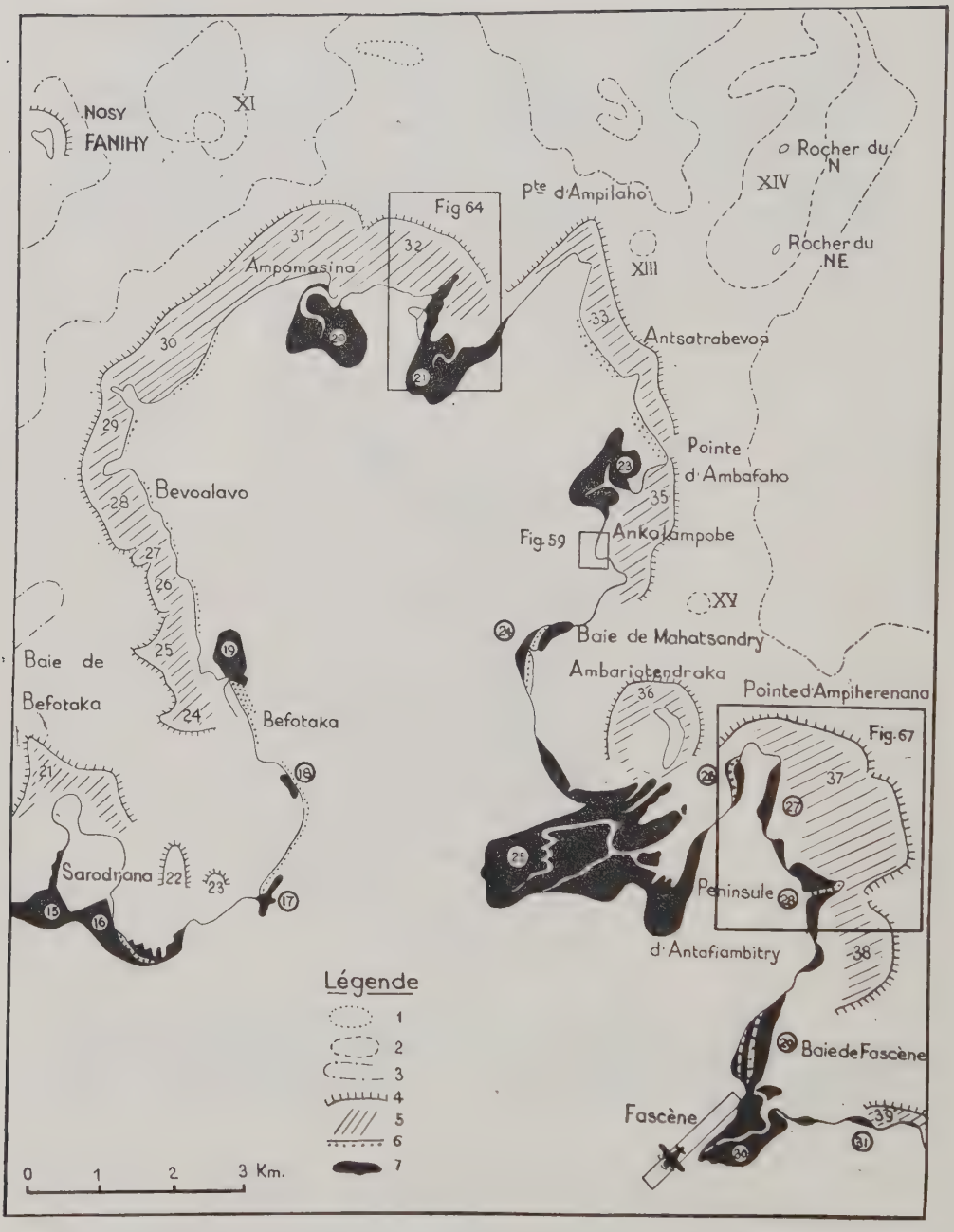


Fig. 65. — Carte de localisation des récifs coralliens et des principales mangroves du nord de Nosy-Bé.
Les rectangles couvrent l'espace cartographié sur les figures 59, 64 et 67.

développement variable et une morphologie différente selon l'exposition. C'est sur la façade nord et nord-ouest de l'île, exposée à la houle du nord-ouest, que les platiers coralliens sont le mieux développés. Sur la façade sud et sud-est, exposée au varatraz, les platiers se limitent au contraire à une étroite frange de 100 à 200 mètres de largeur seulement. En certains endroits il n'existe pas de véritable platier, mais seulement des têtes de coraux éparses sur le fond (sud du Lokobé).

Les plus belles crêtes détritiques s'observent sur la bordure des platiers exposés au talio, c'est-à-dire dans le nord et le nord-ouest de l'île.

A. — **Les récifs coralliens du nord de Nosy Be entre la baie d'Antsoa et la baie de Fascène** (fig. 50 et 65).

Une partie du littoral septentrional de Nosy Bé est tournée face à la houle du nord-ouest entretenue par le vent de mer ou talio. Cette houle est beaucoup plus puissante que la houle du sud-est engendrée par le varatraz, laquelle a une course plus faible. Les récifs frangeants des pointes les plus exposées présentent des formes d'adaptation à une houle relativement forte : crête détritique externe bien développée, avec nombreuses têtes de nègre d'assez grande taille ; bordure externe rainurée pauvre en corail vivant. Nous avons étudié à mer basse, par marée de 0,6, les récifs d'Andilana, et par marée de 0,3 celui de Bela-

---

1 : Courbe bathymétrique de moins 5 mètres autour des bancs. 2 : Courbe bathymétrique de moins 10 mètres autour des bancs. 3 : Courbe bathymétrique de moins 20 mètres. 4 : Bordure des principaux récifs coralliens. 5 : Herbier sur platier corallien. 6 : Principaux cordons littoraux. 7 : Mangroves.

Toponymie des récifs coralliens (chiffres non cerclés). — 21 : Récif de Sarodrano. 22 : Récif ouest d'Ambodimanga. 23 : Récif est d'Ambodimanga. 24 : Récif de Befotaka. 25 : Récif sud d'Antsakasaka. 26 : Récif central d'Antsakasaka. 27 : Récif nord d'Antsakasaka. 28 : Récif de Bevoalavo. 29 : Récif d'Ambohodoy. 30 : Récif d'Amporaha. 31 : Récif d'Ampanasina. 32 : Récif d'Ambodimahabibo. 33 : Récif d'Antsatrabevoa. 34 : Récif d'Ambafaho. 35 : Récif d'Ankalampobe. 36 : Récif d'Ambariotendraka. 37 : Récif d'Ampiherenana. 38 : Récif de Fascène. 39 : Récif de Berambo.

Toponymie des principales mangroves (chiffres cerclés). — 15 : Mangrove ouest de Sarodrano. 16 : Mangrove est de Sarodrano. 17 : Mangrove d'Ampasindava. 18 : Mangrove de Befotaka. 19 : Mangrove d'Ankaramanga. 20 : Mangrove d'Ampanasina. 21 : Mangrove d'Ambodimahabibo. 23 : Mangrove d'Ankalampobe. 24 : Mangrove de Mahazandry. 25 : Mangrove de l'Andriana. 26 : Mangrove Ouest de la pointe d'Ampiherenana. 27 : Mangrove est de la pointe d'Ampiherenana. 28 : Mangrove d'Antafiambitry. 29 : Mangrove nord de Fascène. 30 : Mangrove sud de Fascène. 31 : Mangrove de Berambo.

Toponymie des principaux bancs coralliens sous-marins (chiffres romains) ; les profondeurs sont indiquées en mètres à partir du niveau des plus basses mers. — XI : Banc d'Ampanasy (1,2 m) ; XII : Banc d'Ankilahoa (9,3 m); XIV : Grand banc du nord-est (deux rochers affleurant à + 1,2 m et + 5,8 m); XV : Banc Larras (1,1 m).

honko, qui présentent un développement maximum de ces caractères. Les mêmes caractères se retrouvent dans le récif de Nosy Fanihy.

Les récifs de la baie d'Andovokonko (récif d'Antsombery, grand récif d'Andovokonko, récif de Sarodrano) sont dans une position relativement abritée et présentent une morphologie différente. On voit reparaître un bioherme externe très actif, avec en particulier le développement de nombreux pinacles de 3 à 8 mètres de hauteur, constitués principalement par des espèces massives.

Les mêmes caractères se retrouvent dans le grand récif d'Ampiherenana, qui reçoit la houle du nord-ouest affaiblie et déviée après avoir contourné vers l'est la péninsule septentrionale de Nosy Bé.

Le récif d'Andilana (récif 16)

Ce récif est un bel exemple de récif exposé de plein fouet à la houle du nord-ouest. Ils s'accroche à la pointe basaltique d'Andilana. La partie interne de l'estran, au-dessus du niveau des basses mers de morte-eau, est constituée par un platier taillé dans les roches volcaniques, en avant d'une étroite levée de galets de basalte qui s'adosse à la falaise.

Le récif frangeant présente trois zones principales, sur une largeur totale de 700 mètres environ dans sa partie la plus large.

a) *La bordure externe du récif* (bioherme externe)

Cette zone, toujours immergée, mesure de 54 à 150 mètres de largeur, selon les endroits.

La partie vivante externe du récif se présente de manière très différente, selon qu'on l'examine sur les faces nord et ouest d'une part, ou sur la façade méridionale en vis-à-vis du récif d'Antsoa.

Sur les façades nord et ouest, les plus exposées à la houle dominante, la retombée sur les fonds de 7 à 8 mètres se fait par un glacis en pente assez douce. La vie corallienne est très peu active. Le corail vivant, en petites touffes éparses, ne couvre qu'à peine un dixième de la surface du fond. Les neuf autres dixièmes sont constitués par le corail mort arasé et rainuré. Les rainures s'allongent perpendiculairement à la houle. Elles ont de 1 à 3 mètres de largeur et quelques centimètres seulement de profondeur. Elles entaillent le fond de corail mort, et sont facilement repérables par mer calme, même sans masque de plongée, car soulignées par de longues traînées blanches de sable très grossier, avec de nombreux débris de corail brisé. Ces traînées prennent naissance à 5 ou 6 mètres de profondeur, et débouchent aux environs du 0 des plus basses mers sur la face externe de la crête à têtes de

nègres. Il apparaît nettement que c'est par elles que la crête détritique est alimentée, au moment des tempêtes, en débris arrachés à la bordure externe du récif.

Le glacis du corail mort porte de nombreuses têtes de corail arrachées qui n'ont pu être transportées par les déferlements jusqu'à la crête détritique.

Vers le large le glacis s'ennoie sous le sable qui occupe les fonds supérieurs à 8 ou 10 mètres.

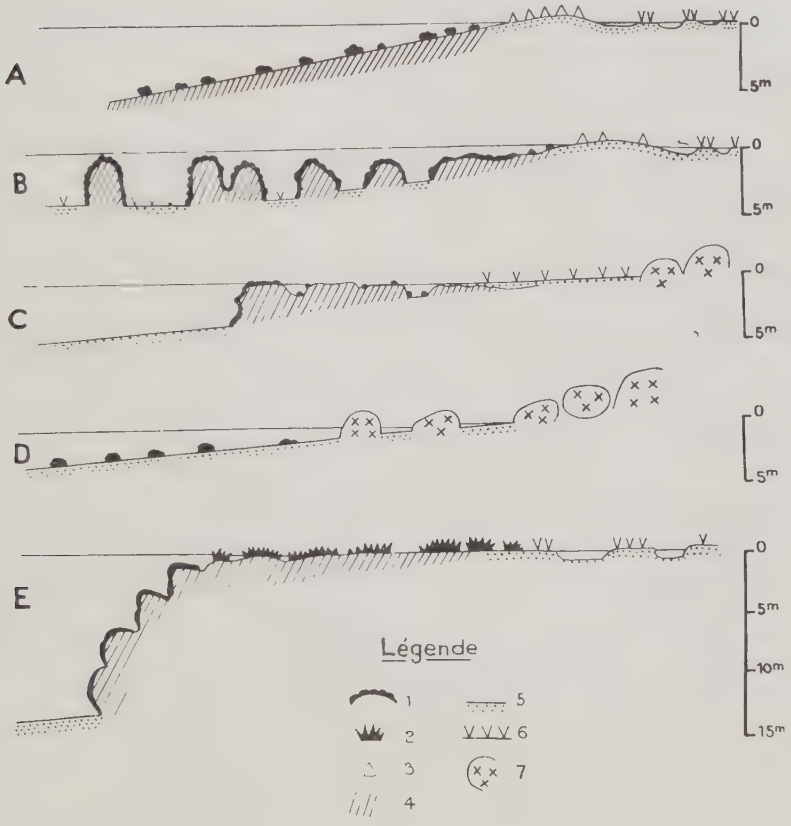


Fig. 66. — Cinq types de bordures de récifs coralliens : A, Face nord-ouest du récif d'Andilana ; B, Face sud du récif de Mahatsinjo ; C, Littoral nord-ouest de Nosy Komba ; D, Littoral oriental de Nosy Komba ; E, Littoral occidental d'Ankify.

1 : Revêtement de corail vivant ; formes massives dominantes. 2 : Revêtement de corail vivant ; formes branchues dominantes ; 3 : Têtes de nègres. 4 : Corail mort. 5 : Sable et gravillon corallien. 6 : Herbier à Cymodocées. 7 : Roches éruptives en place ou en amas de boules.

Sur la façade méridionale, qui reçoit la houle de biais, la vie corallienne est beaucoup plus active. La bordure externe du récif porte des pinacles nombreux qui montent jusqu'aux environs du niveau des basses mers de grande marée.

b) *La crête détritique.*

Une levée constituée par des ramures de corail brisées et par des blocs de corail arrachés au bioherme externe ceinture le récif sur toute sa longueur. Les plus gros des blocs (negro heads, ou têtes de négres des auteurs), atteignent jusqu'à 90 centimètres de grande dimension. Sur la photographie aérienne cette levée correspond à une bande étroite de teinte plus claire que le reste du récif.

La crête détritique constitue la partie la plus haute du récif. C'est elle que l'on voit émerger tout d'abord lorsque la mer descend. Les têtes de nègre dépassent les premières de la surface de la mer, puis ensuite les parties les plus élevées de la levée constituées par des ramures brisées de corail.

La largeur totale de la crête n'excède nulle part une centaine de mètres.

Lorsque les premières têtes de nègres affleurent à la surface de la mer, les profondeurs entre la crête détritique et la terre ferme atteignent encore 1 mètre dans les points les plus bas.

La crête détritique constitue une séparation entre les deux parties principales du récif : la partie externe et la partie interne. Elle permet de distinguer un bioherme corallien externe, sur la face extérieure du récif, d'un bioherme corallien interne dans l'ensellement entre la levée et la terre ferme. La prairie à Cymodocées se divise elle-même en une partie externe — étroite frange entre la levée détritique et la retombée extérieure du récif, qui apparaît en noir foncé sur la photographie aérienne — et une prairie interne beaucoup plus étendue, qui occupe la plus grande partie de l'espace compris entre la levée détritique et le platier volcanique.

c) *La partie interne du récif*

Sur une largeur maxima d'environ 350 mètres dans la partie la plus large du récif, on observe entre la levée détritique à têtes de nègres et le platier volcanique les éléments morphologiques suivants :

— *Des dalles de corail mort taraudées par les oursins.* Creusé de multiples cavités ce corail s'effondre sous le pied, ce qui rend la progression difficile dans cette partie du récif. Vers la mer le corail mort est recouvert par la retombée interne de la crête détritique. Vers la terre

il disparaît sous les sédiments sableux grossiers qui constituent le substratum de la prairie à Cymodocées.

— *Des massifs étendus de corail vivant*, presque uniquement constitués par des espèces branchues. Ces massifs, dont certains dépassent plusieurs dizaines de mètres de longueur, montrent un revêtement presque continu de corail vivant en touffes quasi-jointives. Par marée de 0,6 mètre les plus hautes ramures émergeaient de 30 centimètres. Le substratum de ce bioherme corallien interne est constitué par le corail mort taraudé.

— *La prairie interne à Cymodocées* est de beaucoup la plus importante par la surface qu'elle couvre. Elle s'étend jusqu'au platier volcanique. Elle est caractérisée par une microtopographie compliquée de mares à bords abrupts et à fond de sable nu, les intermares étant recouverts par la prairie.

Par marée de 0,6 mètre une pellicule de 20 centimètres d'eau recouvrait encore les intermares à marée basse, alors que la crête détritique à têtes de nègres émergeait largement. Dans certaines mares la profondeur de l'eau dépassait 70 centimètres.

La forme de la plupart des mares de grande taille (10 mètres et davantage) est habituellement quelconque. Dans la partie centrale du récif, il existe toutefois de belles mares de forme ovale ou en croissant qui présentent une dissymétrie bien nette du profil en travers : leur rebord est abrupt du côté de la mer, tandis que vers la terre leur fond remonte en pente douce jusqu'au niveau de la prairie qui recouvre les intermares. Les mares en croissant convexe vers la mer présentent la dissymétrie la plus marquée.

Jusqu'aux environs immédiats du platier volcanique qui constitue la partie la plus interne de l'estran, une vie corallienne très réduite continue à exister dans le fond des mares de la zone à Cymodocées.

Le grand récif d'Ampanasina (récif 31)

La grande péninsule nord de Nosy Bé, entre le fond de la baie de Befotaka et la baie de Mahatsandry, est entièrement entourée par un récif frangeant de 300 mètres à 800 mètres de largeur. C'est sur la façade nord-ouest de la péninsule, entre Bevoalavo et la pointe d'Ampilaho, que ce récif frangeant a son développement maximum. Nous l'avons examiné par grande basse mer de 0,3 mètre entre Ampanasina et Ambodimahabibo. Ailleurs nous avons effectué des observations au masque de plongée et à la lunette de calfat.

Entre Befotaka et Bevoalavo le récif frangeant (récifs 24 à 28) est coupé par un grand nombre de passes situées habituellement en face des fonds de baies de sable vaseux, où débouchent de petits cours d'eau. La vie corallienne semble très active sur la face externe du

récif (nombreux massifs isolés, pinacles abrupts, et parterres sous-marins avec plus de la moitié de la surface constituée par le corail vivant). Il n'a pas été possible de distinguer au masque s'il existait les éléments d'une crête détritique et des têtes de nègres. La prairie à Cymodocées est bien développée, sur une largeur qui atteint par endroits 400 mètres. En allant vers la terre les plaquages de Cymodocées s'espacent. Une étendue de sable vaseux ou de vase s'étend entre la prairie à Cymodocées et la haute plage. Cette dernière est constituée par un sable plus grossier et mieux trié.

Le récif frangeant présente en face du village d'Ampanasina une zonation du même type que celle déjà décrite à Andilana. La crête détritique externe est particulièrement bien développée. Elle est constituée sur une largeur de 50 à 100 mètres par de très nombreux blocs de corail mort de petite taille (entre 10 centimètres et 50 centimètres de grande dimension), reposant sur un tapis de ramures brisées de corail. Cette levée est interrompue de place en place. Ces interruptions correspondent à des déversoirs par lesquels s'écoule à marée descendante l'eau qui recouvrait la prairie à Cymodocées. Par marée de 0,3 mètre cette prairie était complètement à découvert, l'eau demeurant seulement dans des mares à parois abruptes profondes de 30 centimètres à 50 centimètres semblables à celles décrites sur le platier d'Andilana.

Nous avons examiné les abords de l'un des déversoirs, situé à 500 mètres à l'ouest de la passe sableuse de Belahonko. A l'occasion de l'interruption de la levée détritique, le bioherme corallien externe rejoint les grands parterres d'*Acropora* du bioherme interne. L'ensellement constituant le déversoir est entièrement tapissé par du corail vivant qui émerge sur 100 mètres de largeur par marée de 0,3 mètre. La concavité du rebord du récif en face de ce déversoir montre une profusion de pinacles et de massifs coralliens vivants, avec fréquemment de beaux encorbellements dominant des fonds de 4 à 5 mètres.

A 500 mètres à l'ouest du rentrant du récif correspondant à ce déversoir, nous avons observé au masque le bioherme externe d'un secteur convexe plus exposé à l'action directe de la houle. La vie corallienne y est nettement moins active, et les pinacles isolés disparaissent à peu près complètement.

Des différences minimes d'exposition paraissent donc avoir une importance prédominante dans la croissance du corail. Contrairement à ce que l'on pourrait croire ce ne sont pas les parties exposées des récifs qui montrent la vie corallienne la plus active, mais les parties qui, tout en ayant des eaux agitées, jouissent d'une protection relative contre l'action mécanique des vagues.

Nous avons fait des prélèvements de sédiments dans les différentes zones émergées du récif de Belahonko :

1° Les sédiments de la crête détritique sont constitués par trois fractions granulométriques bien distinctes :

a) les gros blocs détritiques ou têtes de nègres ;

b) un gravillon corallien grossier à ramures brisées de corail ;

c) un sable fin (entre 160 μ et 200 μ) à menus débris calcaires disposés en petites taches dans les creux entre les amas de blocs et de gravillon corallien.

2° Les sédiments de la zone à Cymodocées présentent deux fractions (prélèvement n° 38) :

a) un sable coquillier, à gros débris de coquilles brisées ;

b) une fraction plus fine semblable à la fraction *c* de la zone précédente.

3° Entre la zone à Cymodocées et la haute plage s'étend un espace nu de sédiments de granulométrie fine (sable fin et vase) large, en face du village de Belahonko, d'une cinquantaine de mètres. Le sable étudié (prélèvements n° 40 et 41) est semblable, par sa granulométrie et sa composition, à celui de la fraction *c* de la crête détritique.

Localement la fraction colloïdale et précolloïdale prend une grande importance (95% du sédiment pour l'un des prélèvements).

4° La haute plage est constituée par un sable bien trié. On trouve localement sur la haute plage de petits amas de coquilles brisées, qui peuvent compliquer le profil granulométrique.

Le grand récif d'Andovokonko (récif 19)

Nous avons profité du second jour de la marée (0,3 mètre) pour examiner à marée basse ce récif très particulier par sa forme semi-circulaire et par son lagon central. On peut pénétrer à marée basse dans le lagon par une passe profonde de 4 mètres située sur la face orientale du récif. La forme semi-circulaire et le lagon sont vraisemblablement d'origine volcanique ; à l'ouest du récif, des pointements de roches volcaniques sont observables à marée basse au milieu du corail. Nous interprétons cette forme comme un cratère arasé et immergé, dont les bords ont servi de socle à l'édification d'un récif corallien (voir le chapitre consacré aux constructions volcaniques élémentaires récentes).

Nous avons observé la partie septentrionale du récif à marée basse. La zonation en cet endroit est caractérisée par l'absence de levée détritique, ce qui s'explique par la position du récif qui se trouve abrité de la houle du nord-ouest par l'avancée de la pointe d'Antsombery. La partie qui émerge à mer basse est entièrement constituée par des

massifs de corail vivant (surtout espèces ramifiées et *Porites* en micro-atolls ou en micropinacles) séparés par de petits plaquages d'herbier. Le paysage corallien est fort semblable à celui que représentent certaines photographies de la Grande Barrière Australienne.

Sur la bordure externe du récif on passe insensiblement à de gros pinacles de corail massifs immergés, de plus en plus imposants vers le large, et dont le sommet arrive à proximité du niveau de la mer à marée basse. Ces pinacles rendent extrêmement délicat l'abordage sur la face extérieure du récif. Sur la face tournée vers le lagon on aborde au contraire assez facilement sur les petits plaquages d'herbier, entre les massifs de corail vivant dont les ramures les plus élevées émergent. Le lagon contient lui-même des pinacles de corail vivant. Les plus grands reposent sur des fonds de sable vaseux de 6 mètres, et leur sommet arrive sensiblement au niveau des basses mers de grandes marées. La vie corallienne semble aussi active dans le lagon que sur la face externe du récif.

Dans cette partie du récif, le bioherme corallien de la bordure externe est donc en continuité avec celui du lagon par l'intermédiaire de la prairie émergée à *Acropora* et *Porites*. Nous n'avons pas examiné à marée basse la partie occidentale du récif. Il nous a semblé que dans cette partie l'herbier à Cymodocées était plus largement développé (examen à la jumelle depuis la vedette).

Les récifs de la baie de Befotaka

Nous avons examiné à la lunette de calfat à marée haute le petit récif de Befotaka (récif 22). Ce récif, qui se trouve dans une position relativement abritée de la houle du nord ouest, montre une vie corallienne active (nombreux massifs et pinacles). Sa forme d'ensemble allongée en pointe vers le nord indique une croissance générale du récif face à la houle dominante. La même observation peut être faite à propos du récif de Sarodrano (récif 21) et des récifs situés en face des villages de Befotaka et d'Antsakasaka, qui possèdent aussi des éperons dirigés face à la houle dominante (récifs 24 et 25) ; ces récifs présentent aussi une vie corallienne très active (au moins les 3/4 de la surface de la bordure externe du récif constituée par du corail vivant). Il est intéressant de remarquer que ces formes particulières de croissance des récifs et d'adaptation à la houle ne se rencontrent pas sur les secteurs les plus exposés du littoral, mais semblent localisées aux secteurs relativement abrités comme la baie de Befotaka.

Nous avons décrit des formes d'adaptation semblables dans la baie d'Ambavatoby et, dans une autre publication, dans la baie Ramanetaka, où les récifs se trouvent dans une position plus abritée que ceux de la baie de Befotaka. Les éperons et digitations coralliennes croissant

face à la houle semblent liées à une vie corallienne intense et à l'exposition à une houle de faible amplitude et de direction très constante.

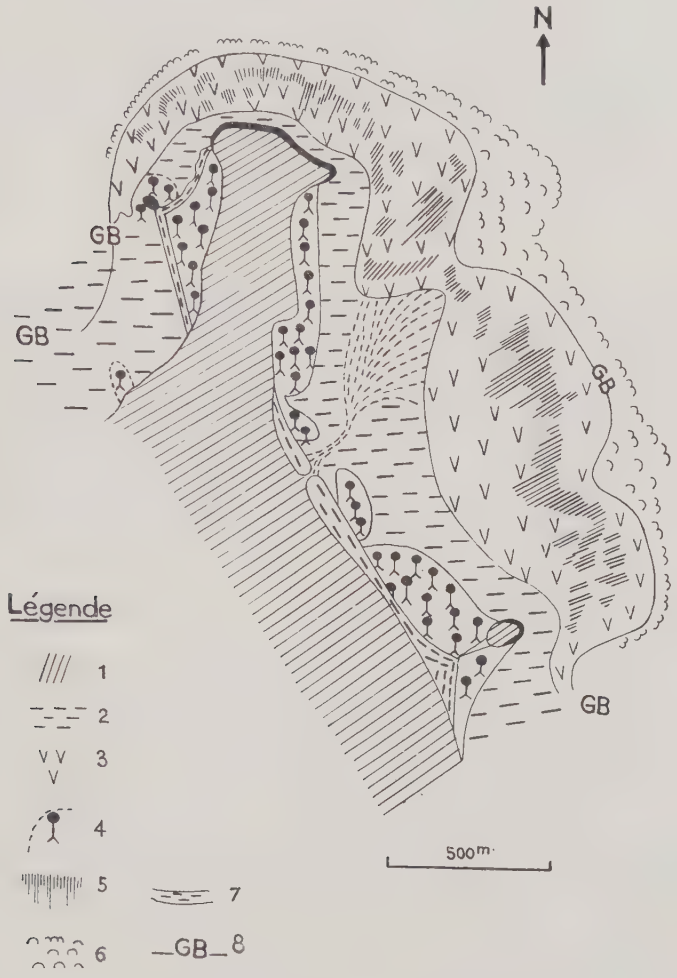


Fig. 67. — Le récif d'Ampiherenana.
1 : Collines latéritiques. 2 : Sable et vase. 3 : Herbier à Cymodocées. 4 : Mangrove. 5 : Accumulations détritiques en traînées sur le platier corallien. 6 : Bordure de corail vivant. 7 : Cordons littoraux insubmersibles. 8 : Laisse des grandes basses mers de vives eaux.

Le Grand récif d'Ampiherenana (récif 37)

Ce récif (fig. 67) qui ceinture la pointe d'Ampiherenana surtout constituée par des basaltes, reçoit la houle du nord-ouest déviée et

affaiblie après avoir contourné vers l'est la péninsule septentrionale de Nosy Bé. Il reçoit aussi de travers, la houle engendrée par le varatraz. Ces particularités d'exposition se marquent dans la morphologie du récif par la rareté des gros blocs du type « têtes de nègres » dans la levée détritique externe (on ne trouve ici rien de comparable aux amas de têtes de nègres du récif d'Andilana ou d'Ampanasina), et par un bioherme corallien très actif qui n'est pas gêné par des déferlements excessifs. Nous avons examiné l'ensemble de la zonation par une marée de 0,5 mètre.

a) *La bordure externe du récif*

Étudiée au masque, cette zone montre une prolifération des espèces massives formant des pinacles et de gros massifs. Il existe fréquemment de petits encorbellements. La bordure vivante du récif présente en plusieurs endroits une disposition en alignement des grosses bosses de corail qui ménagent entre elles des sillons perpendiculaires au bord du récif. Les parois de ces sillons sont entièrement tapissées de corail vivant et leur fond est couvert de ramures brisées de corail ou de sable coquillier. Il faut voir, sans doute, dans ces sillons construits une forme d'adaptation au déferlement d'une houle modérée.

b) *Les amas détritiques du platier*

Les débris arrachés à la bordure externe du récif comprennent très peu de gros fragments (têtes de nègres) mais surtout des amas de ramures brisées de corail. Les amas ne s'ordonnent pas en une unique levée détritique sur la bordure externe du platier corallien, comme c'est le cas pour d'autres récifs que nous venons de décrire, mais sont dispersés sur toute la largeur de la zone à Cymodocées. Il s'agit de petits amas fréquemment en traînées perpendiculaires à la houle en forme de langues poussées sur l'herbier par les déferlements, ou de petites levées de forme générale parabolique ou en V.

Les matériaux détritiques arrachés au bioherme externe par les déferlements sont, selon toute vraisemblance, poussés vers la côte en suivant le fond des sillons jusqu'aux amas détritiques du platier, puis au terme de leur cheminement ils tombent au fond de l'une des mares en croissant de l'herbier, dans la partie plus abritée du platier qui précède immédiatement la vasière interne.

c) *La vasière interne*

A la zone précédente caractérisée par des sédiments grossiers très hétérométriques, fait suite une étendue de sable fin passant vers la côte

à de la vase. Cette vasière est large de 200 à 300 mètres à mi-chemin entre le village de l'Antafiambitry et la pointe d'Ampiherenana. D'une manière générale la granulométrie des sédiments est de plus en plus fine au fur et à mesure que l'on approche de la ligne de rivage. La partie interne de la vasière porte une frange de palétuviers large de 50 à 100 mètres au nord d'Antafiambitry et de 200 mètres au sud de ce village.

En arrière de la frange de palétuviers il existe contre la falaise une plage de sable étroite et redressée, qui prouve qu'à marée haute le barrage des troncs et des pneumatophores des espèces de la mangrove est insuffisant pour supprimer complètement l'action mécanique des vagues.

B. — **Les récifs coralliens du sud de Nosy Be entre la baie de Fascène et Hellville** (fig. 65 et 68).

L'ensemble du secteur littoral compris entre la baie de Fascène et la pointe du Lokobe est à l'abri de la houle du nord-ouest. La houle engendrée par le talio n'y parvient que très affaiblie après avoir contourné l'ensemble de l'île.

Il est exposé par contre de plein fouet à la houle courte et cambrée formée par le varatraz.

Les récifs coralliens de cette partie de Nosy Bé sont différents par leur morphologie des récifs du nord et de l'ouest. Il n'existe pas de larges platiers coralliens couverts de Cymodocées semblables à ceux d'Andilana ou à ceux de l'extrême nord de l'île. Les récifs qui frangent la péninsule de Befefiky — entre la baie de Fascène et la baie d'Ambatozavavy — la péninsule d'Ampandoma et une partie du Lokobe, sont caractérisés par la faible largeur des platiers coralliens frangeants. La largeur de ces derniers est en général comprise entre 50 et 200 mètres au lieu de 300 à 700 mètres dans le cas de certains platiers du nord et de l'ouest de Nosy Bé. La prairie supérieure à Cymodocées se réduit à une étroite bande de quelques mètres de largeur, d'ailleurs parfois complètement absente.

Le platier corallien peut disparaître complètement, remplacé par des touffes isolées de corail reposant sur un fond de roche ou de sable jusqu'à la falaise rocheuse (par exemple sur la face sud du Lokobe, entre la pointe du Lokobe et la baie d'Ambalahonko).

Cette atrophie du platier corallien n'exclut nullement l'existence d'une vie corallienne active et d'une grande richesse en espèces. Souvent ces récifs étroits montrent sur leur bordure externe un revêtement continu de corail vivant et une prolifération corallienne plus importante que sur la bordure de bien des récifs plus étendus en largeur du nord et de l'ouest de l'île.

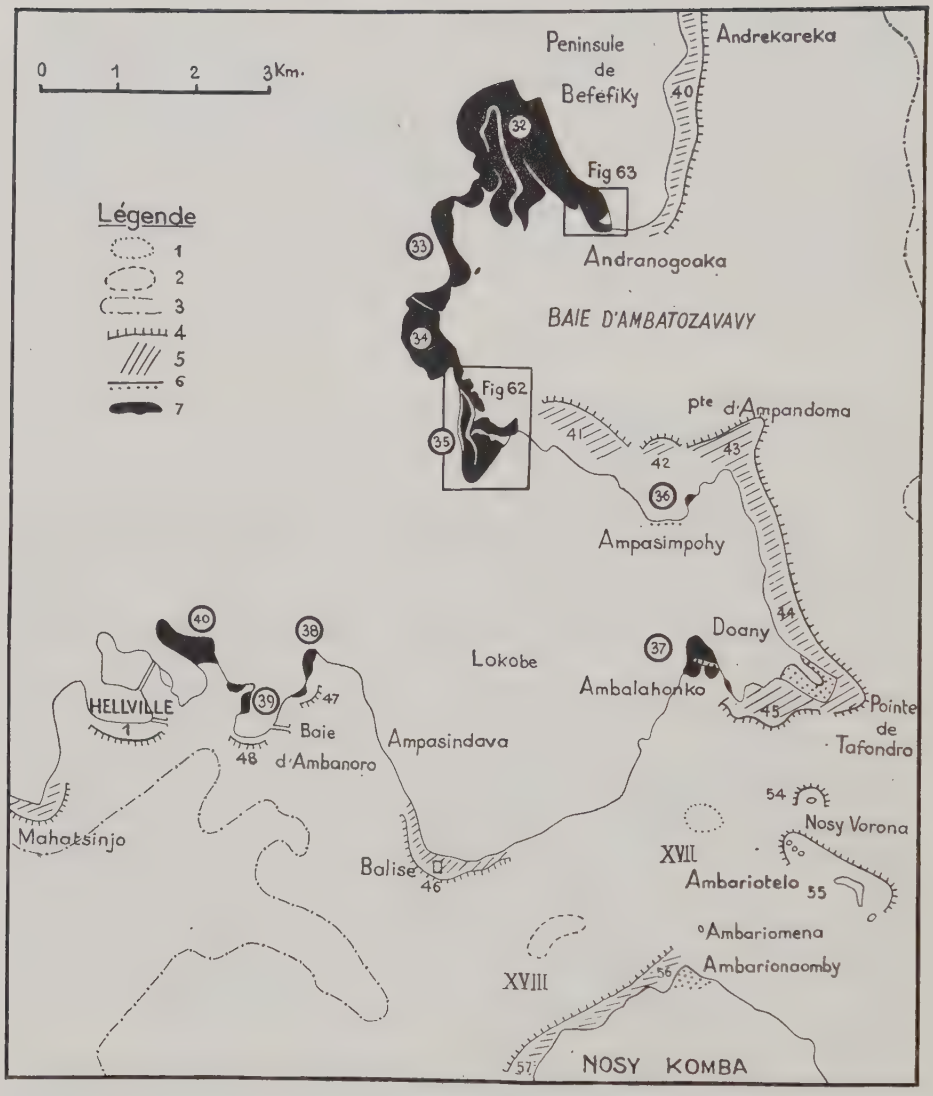


Fig. 68. — Carte de localisation des récifs coralliens et des principales mangroves du sud-est de Nosy-Bé.

Les rectangles couvrent l'espace cartographié sur les figures 62 et 63.

1 : Courbe bathymétrique de moins 5 mètres autour des bancs. 2 : Courbe bathymétrique de moins 10 mètres autour des bancs. 3 : Courbe bathymétrique de moins 20 mètres. 4 : Bordure des principaux récifs coralliens. 5 : Herbier sur platier corallien. 6 : Principaux cordons littoraux. 7 : Mangroves.

Toponymie des récifs coralliens (chiffres non cerclés). — 1 : Récif d'Hellville. 40 : Récif de Befefiky — Andrekareka. 41 : Récif d'Ambatozavavy. 42 : Récif d'Ampasimpohy. 43 : Récif de la pointe d'Ampandoma. 44 : Récif de Doany. 45 : Récif de Tafondro. 46 : Récif de la balise du Lokobe. 47 : Récif embryonnaire d'Andrekareka. 48 : Récif embryonnaire de la Fièvre.

Le secteur littoral compris entre la pointe du Lokobe et Hellville est orienté de manière différente. L'identité des formes, et en particulier l'atrophie des platiers coralliens, nous porte cependant à l'étudier dans le même chapitre. Ce secteur littoral est abrité du varatraz par l'avancée du Lokobe. Il est exposé au talio, mais la houle engendrée par ce vent ne dispose que d'un fetch réduit du fait de l'avancée de la pointe de Mahatsinjo. La houle du nord-ouest, qui contourne cette pointe, arrive affaiblie à Hellville, et en dehors des grandes tempêtes, a sur ce secteur de côte une action morphologique faible.

Le récif frangeant de la péninsule de Befefiky (récifs 39 et 40)

Ce récif se suit sans interruption notable sur 5 kilomètres environ entre la pointe d'Andohaliko et la pointe de Befefiky. Le platier corallien garde une largeur à peu près constante, comprise entre 100 et 200 mètres. Il n'existe que sur le littoral du promontoire qui constitue la péninsule, et s'interrompt de chaque côté, au nord dans la baie de Fascène, et au sud dans la baie d'Ambatozavavy, qu'occupent surtout des fonds de vase et de sable.

Nous avons étudié la zonation transversale de ce récif en face du village d'Andrekareka, par marée basse de 0,5 mètre. Le récif présente trois zones principales, de l'extérieur vers l'intérieur.

a) *La bordure externe du récif*

Cette zone, large d'une quarantaine de mètres, montre un bioherme corallien extrêmement actif. Le platier est précédé par des massifs et des éperons séparés par des sillons perpendiculaires à la houle, entièrement tapissés de corail vivant, qui donnent à la bordure du récif un aspect général en dents de scie de petite taille ou en lobes. Cette disposition apparaît nettement lorsque l'on survole à basse altitude la bordure du récif.

Les massifs et la pointe des éperons sont surtout constitués par des espèces massives. La partie supérieure des éperons est recouverte par un feutrage d'espèces branchues qui affleure légèrement à grande marée basse.

Toponymie des principales mangroves (chiffres cerclés). — 32 : Mangrove de l'Ankarakely. 33 : Mangrove de Bemananasy. 34 : Mangrove d'Ambatozavavy. 35 : Mangrove sud d'Ambatozavavy. 36 : Mangrove d'Ampasimpohy. 37 : Mangrove d'Ambalahonko. 38 : Mangrove d'Andrekareka. 39 : Mangrove de la Fièvre. 40 : Mangrove d'Ampasimena.

Toponymie des principaux bancs coralliens sous marins (chiffres romains) ; les profondeurs sont indiquées en mètres à partir du niveau des plus basses mers. — XVII et XVIII : Bancs de la passe entre Nosy Komba et le Lokobe (4 m) (7,8 m),

b) *La crête détritique*

Cet élément de la zonation du récif se suit tout autour de la péninsule. On voit affleurer progressivement à marée descendante les têtes de nègres qui constituent les points les plus hauts de la levée, puis bientôt le gravier corallien entre les têtes de nègres. Cette levée ne dépasse pas une trentaine de mètres de largeur. Elle est toujours orientée parallèlement au bord du récif. On n'observe pas ici d'amas détritiques allongés perpendiculairement à la houle, du type de ceux déjà décrits sur les récifs du nord.

Certaines têtes de nègres sont de grande dimension et semblent enracinées. L'une, en face d'Andrekareka, mesure, pour sa partie visible émergeant du gravier corallien, 2,20 mètres de grande dimension et 60 centimètres de hauteur. Nous avons essayé d'en déchausser plusieurs, mais en vain. Des blocs libres existent toutefois entre ces têtes qui semblent enracinées.

c) *La partie interne du récif*

Sur une largeur de 70 mètres en face d'Andrekareka, cette zone est constituée en partie par un herbier étroit, en partie par l'affleurement de dalles taraudées de corail mort en place.

Le corail mort de la partie interne du récif est visible jusqu'à une cote comprise entre 60 centimètres et 80 centimètres au-dessus du 0. On constate que cette altitude est sensiblement la même que celle du sommet des principales têtes de nègres que nous considérons comme enracinées. Il est évident qu'il s'agit des restes d'un ancien récif construit en fonction d'un niveau marin légèrement supérieur au niveau actuel. Ce récif ancien mort est attaqué par la corrosion. Il sert de substratum au bioherme corallien externe du récif actuel, construit en fonction du niveau actuel de la mer.

L'herbier arrive quelquefois jusqu'à la levée de gros blocs de basaltes qui constitue la partie supérieure de l'estran ; plus généralement elle en est séparée par une étroite bande de sable fin ou de vase.

Il n'a pas été possible de voir s'il existait un herbier inférieur en avant de la bordure vivante du récif. A 20 mètres de cette bordure en face du village d'Andrekareka, nous avons effectué trois sondes respectivement de 8 mètres, 8 mètres et 9,5 mètres. L'eau était trop trouble pour qu'il soit possible de distinguer le fond à la lunette en ces endroits.

Le récif frangeant de la péninsule d'Ampandoma (récifs 43 à 45)

Le récif frangeant d'Ampandoma se suit sur 3,5 kilomètres de longueur entre la pointe d'Ampandoma et la pointe de Tafondro. Nous

l'avons observé en deux endroits dont l'un par marée basse de 0,5 mètre.

A 300 mètres au nord du village de Doany, l'ensemble du platier corallien mesure 120 mètres de largeur environ.

Il est constitué dans sa partie interne sur sa plus grande largeur (100 mètres environ) par un herbier et par une bande sableuse en contrebas de la levée de la haute plage. Sa partie externe est un platier de corail mort coupé de petites failles et portant des têtes de petite taille de corail vivant (surtout espèces ramifiées), qui ne couvrent qu'à peine 20% de la surface totale. La retombée sur des fonds de 2 à 3 mètres est brutale ; elle se fait par un ressaut à encorbellement façonné dans le corail mort et tapissé presque entièrement de corail vivant. Il n'y a pas en avant de ce ressaut externe de pinacles ou de massifs semblables à ceux du récif d'Andrekareka, mais un herbier inférieur qui occupe les fonds de sable compris entre moins trois et moins quatre mètres. La largeur maxima de cet herbier est de quelques dizaines de mètres.

On remarque dans la zonation générale du récif l'absence de crête détritique.

En allant vers le nord la zonation générale reste sensiblement la même. Il existe toujours un herbier supérieur, sur le platier, et un herbier inférieur sur les fonds de sable de 3 à 5 mètres en avant de la bordure vivante externe.

En face de la pointe d'Ampandoma le platier corallien s'élargit légèrement. La zonation se complète par l'apparition d'une petite crête détritique disposée en croissant autour de la pointe. L'étude de ce dernier point ayant été menée à la mi-marée, il n'a pas été possible d'établir si les têtes de nègres de cette levée étaient enracinées ou s'il s'agissait de blocs libres.

Le récif de la pointe sud du Lokobe (récif 46)

La côte sud-est du Lokobe, abritée à la fois des vagues de varatraz par la pointe de Tafondro et les Ambariotelo, et des vagues de talio par l'avancée de la pointe sud, est caractérisée par l'absence de véritable platier corallien. La vie corallienne n'est cependant pas complètement absente. Les fonds de sable, en avant d'un estran étroit encombré de gros blocs rocheux dégagés de leur gangue argileuse, portent de nombreux petits massifs isolés de corail vivant de quelques dizaines de centimètres carrés à quelques mètres carrés. La vie corallienne ne semble pas assez active pour que ces petits massifs deviennent jointifs et constituent un platier. En avant de cette zone piquetée de têtes isolées de corail ou de micro-massifs s'étale un bel herbier inférieur qui occupe les fonds compris entre moins 4 et moins 8 mètres environ. La largeur de cet herbier n'excède que rarement une quarantaine de mètres.

A la pointe sud du Lokobe ces micro-massifs de corail deviennent plus serrés, et se rejoignent pour former un beau platier développé face au sud-sud-ouest. En même temps que le platier, apparaît un herbier supérieur large d'une centaine de mètres. Absent de la côte sud-est du Lokobé, cet herbier supérieur se suit sur la côte sud-ouest jusqu'en face d'Ampasindava, sous la forme d'une bande étroite entre les chaos de gros blocs du haut estran et la bordure externe de corail vivant.

Nous avons examiné par marée basse de 0,6 mètre la zonation du récif corallien dans sa partie la mieux développée, en face de la balise de la pointe sud du Lokobe. En cet endroit le récif présente la zonation suivante :

a) *La bordure externe* est constituée, sur une largeur d'une cinquantaine de mètres, par des massifs de corail vivant généralement jointifs ou séparés par de petits sillons remplis de débris grossiers. La retombée de la bordure vivante se fait sur un fond de sable entre 3,5 mètres et 5 mètres de profondeur, portant de nombreux pinacles isolés de grande taille.

Sur 30 mètres de largeur environ, entre la bordure vivante du récif et la levée détritique, s'étend un herbier riche en petits massifs et en pieds isolés vivants, entre moins 1 mètre environ et plus 50 centimètres.

b) *La crête détritique* n'existe qu'en face de la pointe du Lokobé. Elle est large d'une vingtaine de mètres. Sa forme générale est celle d'un croissant convexe vers le large. Elle contient peu de gros blocs et surtout des débris de 2 à 10 centimètres de corail branchu à peine roulés. Elle est transversalement dissymétrique ; la pente couverte de débris monte lentement depuis l'herbier externe jusqu'au sommet nu de la crête. La retombée sur l'herbier interne se fait au contraire brutalement.

c) *L'herbier interne*, large de 20 mètres, s'étend entre la crête détritique et les gros blocs de syénite qui encombrent la partie supérieure de l'estran. Lorsque les points les plus hauts de la crête détritique émergent, l'herbier est encore sous une pellicule d'eau de 50 à 60 centimètres. Il assèche complètement à grande marée basse par écoulement de l'eau par des abaissements d'axe latéraux de la crête.

On remarque l'absence de mares en croissant, formes si courantes dans les grands herbiers internes des platiers coralliens du nord et de l'ouest de Nosy Bé. Quelques touffes isolées de corail croissent dans les points les plus bas de cet herbier, constituant un bioherme corallien interne peu développé.

La bordure corallienne de la pointe à la Fièvre (récifs 47 et 48)

On retrouve à la pointe à la Fièvre une disposition des colonies de coraux semblable à celle déjà décrite sur le littoral sud-est du Lokobe. Entre + 0,40 mètres et – 2 mètres environ il existe une frange étroite portant de nombreuses têtes de corail ou des petits massifs généralement isolés, rarement jointifs, toujours insuffisamment développés pour constituer un platier. Ces têtes et ces massifs reposent sur de la vase ou sur un sable vaseux de telle sorte que l'on peut parfois les détacher facilement du fond. Au-dessous de 3 mètres s'étendent des fonds de vase habituellement nue, ou couverte par les taches d'un herbier inférieur.

C. — **Les récifs coralliens de l'ouest de Nosy Be entre la baie d'Antsoa et Hellville** (fig. 50)

Nous avons étudié au sol la plupart de ces récifs, qui sont parmi les plus beaux de la région. Pour certains d'entre eux (récif de Mahatsinjo, récif de la pointe du Cratère, récif d'Antsamantsara) nous avons effectué des plongées au masque sur la bordure externe vivante.

Certains de ces récifs ne reçoivent pas la houle du nord-ouest de plein fouet, mais seulement obliquement. En effet le secteur de côte entre Dzamandzar et la pointe d'Anorokarany (Anorangea) est abrité par Nosy Sakatia. De même pour le grand récif de Mahatsinjo, en arrière de l'avancée de la pointe du Cratère. D'une manière générale on se trouve en présence de très larges platiers couverts par l'herbier : plus de 1 kilomètre de largeur dans le cas des platiers de Nosy'n Tangam et d'Ankibanivato, 1,5 kilomètre dans le cas du platier de Mahatsinjo. Une autre différence avec les franges coralliennes étroites et continues du sud et de l'est de Nosy Bé réside dans le morcellement en un grand nombre de platiers distincts, les interruptions principales du récif se trouvant généralement en face du débouché des petites rivières ou des exutoires de mangroves.

Les plongées sur la bordure externe des récifs révèlent en général une morphologie compliquée de bosses et de pinacles de corail vivant, pouvant prendre parfois l'aspect de véritables tours de 5 à 10 mètres de hauteur, par endroits éloignées de plusieurs centaines de mètres en avant de la retombée extérieure du platier. Cela donne des paysages sous-marins fort différents de ceux de la bordure de la frange corallienne de Befefiky, par exemple, ou, par l'extrême prolifération des formes coralliennes massives ou en ombrelle, de la face exposée du récif d'Andilana.

Le récif de Mahatsinjo (récifs n° 2 et 3)

Ce récif (fig. 69 et 70) comprend deux parties : au sud, la partie principale ou Grand Récif, longue de 2,5 kilomètres et large de 1,5 kilomètres, qui s'accroche au sud-ouest à la pointe de Mahatsinjo, et porte le petit îlot à queue sous le vent de galets de basalte de Ambariotsimaramara ; au nord-ouest le petit récif ; entre les deux une interruption du platier corallien ménage une passe profonde, large de 300 mètres.

La zonation transversale du grand récif a été examinée par grandes basses mers de 0,5 mètre et 0,8 mètre. Selon la coupe A de la fig. 69, la zonation est la suivante, en allant de la terre vers la mer :

a) *La vasière interne*, constituée par de la vase ou un sable très fin, s'étend sur une largeur de 500 mètres à 1 kilomètre en arrière de l'herbier et du platier corallien proprement dit. Cette vasière comprend une partie colonisée par la forêt de palétuviers, cette forêt étant établie aussi fréquemment sur des levées de blocaille ou sur la roche en place, et une partie de vase nue, légèrement en contrebas de l'herbier. Il s'en suit que le drainage de la vasière ne se fait pas droit vers la mer, mais parallèlement au rivage, en suivant l'ensellement en arrière du platier corallien, jusqu'à l'exutoire que constitue la passe entre le grand et le petit récif.

b) *L'herbier supérieur* s'étend sur une largeur de 500 mètres à 800 mètres. C'est l'un des plus vastes herbiers sur platier corallien de Nosy Bé. Il est surélevé d'environ 0,5 mètre par rapport à la partie la plus déprimée de la vasière interne, ce qui fait qu'une partie des eaux qui le recouvrent se dirigent au jusant vers cette dernière. La granulométrie des sédiments est plus grossière que dans la zone précédente, sans toutefois dépasser le calibre des sables moyens, sauf dans le cas d'amas coquilliers. La couverture d'herbier n'est pas continue : il en existe des plaquages, séparés par des taches de sable nu légèrement en contrebas. Elle est toutefois de plus en plus dense au fur et à mesure que l'on approche de la bordure externe du récif.

c) *Un ensellement* sépare la partie principale de l'herbier de la crête détritique externe. Par marée basse de 0,50 mètre, alors que l'herbier et la crête détritique étaient en majeure partie émergés, il demeurait encore entre 0,50 mètre et 1,50 mètre d'eau dans ce sillon, large par endroits d'une centaine de mètres. Sur son fond existe un bioherme corallien réduit, avec de petits massifs en parterre de coraux vivants de variétés branchues posés sur fond de sable entre les taches d'herbier.

Cet ensellement, qui rend par endroits l'accès à la crête détritique difficile, même à marée basse, joue au jusant le rôle de canal de drainage de toutes les eaux de l'herbier qui ne se dirigent pas vers la vasière. Une interruption de la crête détritique externe, à peu près au milieu du grand récif, permet à ces eaux de rejoindre en cet endroit la mer (voir les flèches de la fig. 69).

Fig. 69. — Le grand récif de Mahatsinjo.
1 : Reliefs volcaniques (cônes de scories). 2 : Bordure de corail vivant. 3 : Crête externe détritique du récif. 4 : Herbier à Cymodocées. 5 : Massif et pinacles isolés de corail vivant. 6 : Vase et sable fin. 7 : Mangrove. 8 : Platier rocheux sur le haut estran. 9 : Ensellement en arrière de la crête externe. 10 : Sens de l'écoulement de l'eau au jusant.

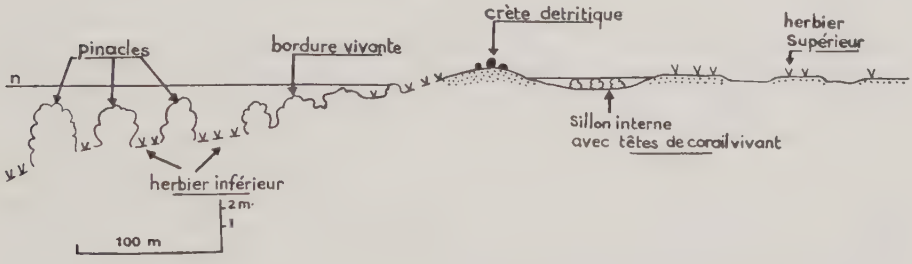


Fig. 70. — Coupe selon A de la figure 69,
à travers la partie extérieure du grand récif de Mahatsinjo.
N : niveau des basses mers de vives eaux.

d) *La crête détritique externe* ceinture l'ensemble du platier, avec seulement une interruption servant d'exutoire de jusant aux eaux s'écoulant par l'ensellement de la zone 3. Comme dans le cas de la plupart des crêtes de ce genre, le matériau prédominant est constitué par des branches brisées et roulées de corail en gros amas, avec de place en place, de plus gros blocs toujours libres correspondant aux « negro heads ».

e) *La bordure vivante externe.* Du côté de la mer on descend par une pente assez douce jusqu'au niveau des plus basses mers. Cette pente est en partie couverte par un herbier étroit correspondant à ce que nous avons appelé, dans la description du récif d'Andilana, « herbier externe », par opposition à l'herbier interne situé entre la levée et la terre ferme. Le bioherme corallien de la bordure du récif apparaît dès cet herbier, sous la forme de têtes isolées de corail vivant qui affleurent aux grandes basses mers. Mais pour observer la bordure vivante dans son ensemble, il est nécessaire d'effectuer un examen au masque de plongée. Sur une largeur d'une centaine de mètres en avant de la laisse des plus basses mers, l'observateur circule entre de petits massifs serrés de corail montrant une extraordinaire prolifération d'espèces très variées. Ces massifs sont subaffleurants aux plus grandes basses mers. Entre eux demeurent d'étroits couloirs d'herbier sur fond de débris coralliens, entre les environs du niveau des plus basses mers et moins 5 ou moins 6 mètres. A partir de cette profondeur, les massifs de coraux s'espacent en même temps qu'ils deviennent plus imposants.

f) *L'herbier inférieur et les « massifs tours »*. En avant de la zone précédente, caractérisée par une intense prolifération corallienne, s'étend un herbier inférieur qui prend de l'importance en même temps que s'espacent les massifs de corail. Nous avons observé l'existence de cet herbier sur la bordure de tous les récifs de la côte ouest de Nosy Bé. Le paysage sous-marin est toujours le même. Ayant quitté la bordure de coraux et les fonds de moins de 6 mètres, l'observateur nage au-dessus de vastes espaces d'où toute vie corallienne semble avoir disparu. Jusqu'à ce qu'apparaisse la silhouette bleutée, déchiquetée, toujours impressionnante, d'un de ces « massifs tours », pinacles isolés de corail vivant qui dans certains cas peuvent atteindre une douzaine de mètres de hauteur.

La répartition de ces massifs tours est intéressante. On remarque en effet que ces formes sont rarement développées sur les bordures exposées de plein fouet au vent dominant des récifs les plus battus. Ainsi elles sont totalement absentes des façades nord et ouest du récif d'Andilana, les plus battues par la houle du nord-ouest. A Mahatsinjo on remarque de même que le développement maximum de cette morphologie de pinacles isolés est le mieux caractérisée sur les façades

sud et sud-ouest du grand récif, qui reçoivent la houle d'avantage de côté, et dans la passe, sur la façade sud du petit récif.

Le récif du Cratère (récif n° 4)

Ce récif (fig. 71) qui est un exemple de récif collé contre terre et sans chenal d'embarcation, a déjà été parfaitement décrit par A. Guilcher (1956). Il s'accroche aux couches de scories volcaniques de la face sud d'un petit volcan quaternaire dont le cratère a été ennoyé. Dans de nombreuses petites mares monoclinales, en arrière des couches de scories, et dans le cratère lui-même, il existe des petites colonies de coraux. Lorsque l'on s'éloigne de terre, on traverse sur une vingtaine de mètres de largeur un espace couvert de ramures brisées de corail, où les colonies de corail vivant sont plus rares. La retombée extérieure, en pente plus forte, montre de gros massifs de corail vivant, passant vers moins 4 mètres à des pinacles isolés sur un herbier inférieur. A. Guilcher explique l'étroitesse du récif en cet endroit par la forte pente sous-marine sur les flancs du volcan, et par la modération du déferlement qui ne peut pas constituer rapidement un large platier détritique en arrière du récif vivant. La première explication est certainement fondée. La seconde peut-être mise en doute, car ce récif n'est pas dans une position plus abritée que le récif de Mahatsinjo.

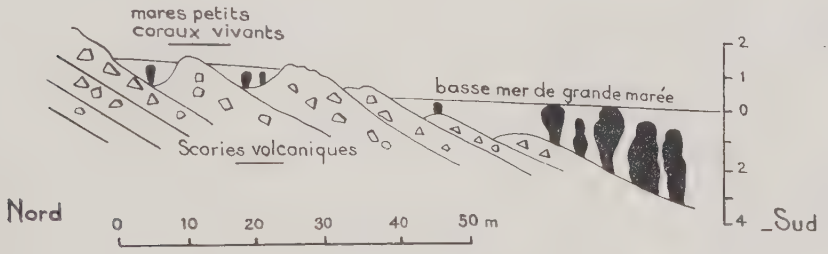


Fig. 71. — Coupe de la pointe sud du cratère, d'après A. Guilcher.
En noir : pieds et pinacles de corail vivant.

Le récif de l'Antsamantsara (récif n° 5)

C'est un autre exemple de récif s'appuyant à un relief volcanique. Mais ici le développement plus grand du platier détritique a permis l'établissement d'un herbier supérieur de 100 à 150 mètres de largeur. Comme à Mahatsinjo, on remarque que les pinacles isolés en avant de la bordure vivante sont plus nombreux sur la façade sud-ouest relativement abritée du récif.

La façade nord-ouest, plus exposée, présente une bordure vivante rainurée. Le corail mort, tapissé en surface d'un feutrage d'espèces branchues, est entaillé par une série de petits couloirs perpendiculaires à la bordure du récif. Ces couloirs, dont le fond est formé de sable grossier et de débris de corail, se suivent depuis la profondeur de moins 3 ou moins 4 mètres, et débouchent aux environs du zéro sur les amas détritiques de la crête externe. Ils sont larges de quelques mètres et profonds de 1 à 2 mètres. Lorsque l'on circule en suivant le bord du récif, on traverse successivement chacun de ces couloirs, tous les 20 ou 30 mètres. Les espaces intermédiaires sont entièrement tapissés de corail vivant. Cette disposition résulte d'une adaptation du bioherme corallien au transport des matériaux détritiques par les vagues. Les débris de corail mort cheminent en effet jusqu'à la crête externe, lors des tempêtes, en suivant le fond des couloirs. Dans les espaces intermédiaires, non érodés par le transport de matériaux grossiers, le corail vivant est préservé de l'érosion mécanique des débris en mouvement et peut subsister même dans le cas d'espèces branchues particulièrement fragiles.

Les récifs de Nosy'n Tangam à la pointe d'Anorokarany

Ces récifs, au nombre de sept, sont ceux numérotés de 6 à 13 sur la carte générale de localisation (fig. 50). Les deux plus importants sont ceux de Nosy'n Tangam et d'Ankibanivato dont les platiers détritiques, en majeure partie couverts d'herbier, atteignent 800 mètres à 1 kilomètre de largeur. Le découpage en platiers distincts se fait, ainsi que nous l'avons déjà écrit, en fonction du débouché des petites rivières qui descendent du massif volcanique, et des exutoires de mangrove importants en face desquels on constate presque chaque fois des interruptions du récif. Ces interruptions sont vraisemblablement liées aux arrivées d'eau douce et turbide qui, en saison des pluies, créeraient localement des conditions défavorables à la croissance du corail.

Les deltas sableux d'estran, certains de grande taille, accompagnent chaque débouché de rivière ou exutoire de mangrove important. Ces deltas peuvent déterminer dans certains cas l'interruption de l'herbier ; ils s'accroissent en effet en faisant reculer ce dernier par recouvrement progressif de sa partie interne. En face des rivières Antsatrakolo et Dzamandzar, la disparition presque totale du récif est, sans doute, due autant à ce recouvrement par le sable qu'aux apports d'eau douce des rivières.

Un autre facteur de la largeur des platiers coralliens est l'exposition à la houle du nord-ouest. La diminution de taille des platiers coralliens vers le nord est liée à la protection contre le talio exercée par la grande île de Sakatia. L'étroitesse des récifs de Bemoko (n° 11) et

d'Ambaro (nº 12) n'a de toute évidence d'autre cause ; la houle plus modérée sur ce secteur littoral, relativement abrité, n'a pu édifier, en arrière de la bordure vivante, un platier détritique aussi large qu'en face d'Ankibanivato ou autour de Nosy'n Tangam, secteurs plus exposés. La pointe d'Anorokarany, qui bénéficie d'une protection maxima, n'est ceinturée par aucun platier véritable et possède seulement une bordure étroite de corail vivant avec un embryon d'herbier (nº 13).

Les récifs d'Ankibanivato et de Nosy'n Tangam, que nous avons parcourus à marée basse, sont du type classique à crête détritique externe. Aussi est-il inutile de décrire leur zonation qui est la même qu'à Mahatsinjo. Le récif de Nosy'n Tangam porte un bioherme corallien extrêmement développé à la surface du platier (surtout espèces branchues). Le bioherme de la bordure, surtout constitué d'espèces massives, se présente sous la forme déjà décrite à Mahatsinjo, avec un grand nombre de pinacles isolés sur un herbier inférieur, pinacles qui rendent la navigation extrêmement dangereuse à marée basse jusqu'à plusieurs centaines de mètres en avant de la bordure émergée du récif.

CHAPITRE VI

NOSY KOMBA ET LES ILOTS PROCHES DE NOSY BE

I. — NOSY KOMBA

Cette île (fig. 72) réalise le type parfait du relief éruptif circulaire. Culminant à 622 mètres, elle mesure 7,5 kilomètres du nord au sud et 6 kilomètres de l'est à l'ouest. Sa forme massive exclut toute indentation notable de la ligne de rivage.

Les versants ouest, sud, et sud-est de l'île ont été largement déboisés, et sont couverts de cultures, malgré la raideur des pentes. Le centre de l'île, au voisinage de la cote sommitale, et le versant nord et nord-est, ont gardé au contraire une forêt secondaire très dense, qui va jusqu'à la mer, et dans laquelle il est très difficile de circuler.

La structure géologique de Nosy Komba a été étudiée par Herland et Vélain, par Lacroix (1902) d'après des renseignements fournis par Villiaume, par Lemoine (1906), enfin par H. Besairie (1936, 1952).

Nosy Komba est constituée par des roches syénitiques qui ont traversé, en les déformant, les schistes et les grès du substratum liasique. Herland et Vélain pensaient que seule une étroite zone côtière était constituée par le Lias, l'intérieur de l'île étant entièrement syénitique. En réalité, A. Lacroix et P. Lemoine ont pu établir que l'on se trouve en présence de gros dykes de syénite néphélinique, qui ont traversé et armé le Lias qui affleure aussi sur les pentes de l'île. Le sommet est constitué par les syénites. L'examen de la géologie des pentes est rendu difficile par endroits du fait de la densité de la végétation. Les grès et les schistes sont transformés par métamorphisme, comme dans la presqu'île d'Ankify.

Les roches syénitiques et le sédimentaire liasique sont traversés par un grand nombre de filons, dont l'étude pétrographique a été faite par A. Lacroix. Ce sont surtout des filons de bostonite quartzifère, de 1 à 3 mètres d'épaisseur, d'andésite, de labradorite, enfin de grenatite.

Les intrusions syénitiques, de direction nord-nord-est—sud-sud-ouest, constituent l'armature résistante du relief. On remarque l'existence d'une dorsale bien nette qui est jalonnée, depuis la pointe d'Antotoro au nord, par le « Sommet Rocheux » (600 mètres), par l'Antanianaomby qui est le point culminant de l'île (622 mètres), enfin par la cote 405 de la carte marine au 1/100.340e. En ce qui concerne les talwegs, les uns sont régis par cette orientation structurale fondamentale (ruisseau d'Antotoro, ruisseau d'Antsiabe), tandis que d'autres ont une disposition rayonnante, déterminée par la forme ovale et massive de l'île.

Le relief de Nosy Komba s'explique, comme celui du Lokobe, par la résistance exceptionnelle des syénites à la décomposition biochimique. Ce qui a été dit pour le Lokobe reste pleinement valable ici. La morphologie des estrans rocheux est aussi la même. Au cours d'un itinéraire depuis le littoral jusqu'à la cote 484 mètres de la carte marine au 1/25.000e, nous avons pu constater que la roche saine vient presque

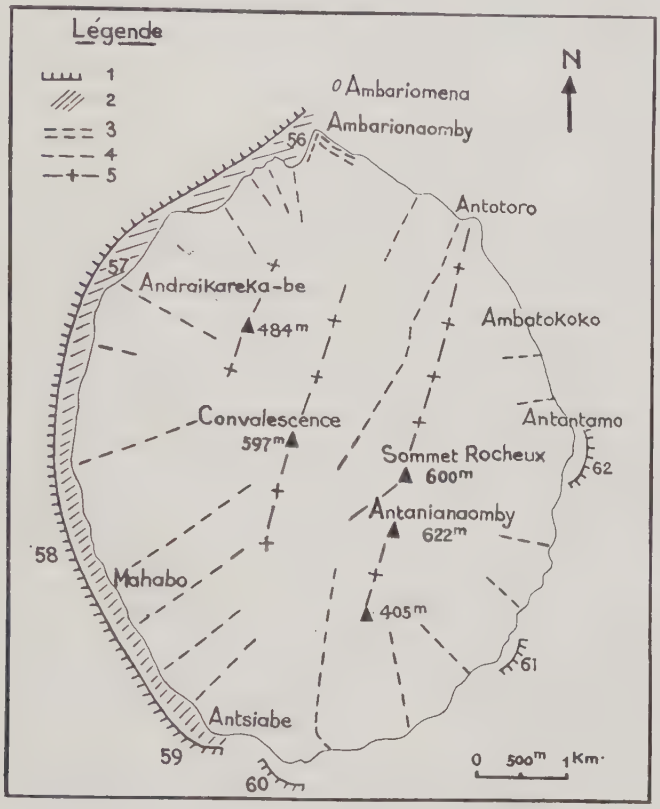


Fig. 72. — Nosy Komba.
1 : Rebord externe du récif frangeant. 2 : Platier corallien. 3 : Crêtes de plage. 4 : Principaux talwegs. 5 : Principales lignes de crêtes.

partout en affleurement, sur les versants comme dans les fonds de talwegs, souvent sous la forme de gros rochers arrondis qui nous semblent en place (et non éboulés comme l'a écrit P. Lemoine). Ces « boules », dont certaines sont de grande taille, sont dégagées sur place d'une gangue argileuse formée dans les joints des diaclases. Les argiles latéritiques sont peu épaisses, parfois même absentes.

Des pentes de 25 à 35 degrés existent localement. On peut mesurer sur la carte des pentes moyennes de 20% entre la cote 600 de la carte marine et la mer, et de 23% entre la cote 484 et la mer.

Le relief massif de Nosy Komba a été à peine entamé par l'enfoncement des talwegs de disposition rayonnante. C'est la raison pour laquelle la ligne de rivage ne comprend que des indentations minimes. La plupart de ces indentations contiennent en leur fond une petite plage ensoleillée de sable quartzeux blanc. La partie supérieure de l'estran est encombrée, comme au Lokobe, par des amas de grosses boules de syénite (environs d'Antsiabe) dégagées par l'érosion marine de leur gangue argileuse. Là où affleurent les terrains du Lias, on observe un paysage de rochers découpés aux formes parfois étranges (Ambarionaomby).

En ce qui concerne les édifications coralliennes, Nosy Komba présente une dissymétrie très marquée entre les façades occidentale et orientale. Sur la façade occidentale de l'île exposée au talio il existe un récif frangeant étroit (le platier mesure entre 200 et 400 mètres de largeur) et continu, qui se suit de la pointe d'Ambarionaomby, au nord, jusqu'à Antsiabe, au sud, soit sur une quinzaine de kilomètres environ. Ce platier est fort semblable d'aspect à ceux qui frangent les péninsules de Tafondro et de Befefiky dans le sud-est de Nosy Bé.

L'une des causes possibles que l'on peut invoquer pour expliquer le faible développement en largeur du récif est le caractère trop abrupt de la côte précorallienne ; les pentes très fortes du relief émergé se prolongent en effet selon toute vraisemblance au-dessous du niveau actuel de la mer, sous le revêtement de sédiments meubles et de corail. Il s'agit, de plus, de récifs coralliens jeunes, qui n'ont pas eu le temps, dans ces conditions particulièrement défavorables, de se développer en largeur. C'est ainsi que A. Guilcher (1956) explique l'atrophie de certains récifs dans le nord-ouest d'Ankarea, et le nord-ouest et le sud-ouest de Nosy Mitsio. Cette explication convient parfaitement aussi aux récifs de Nosy Komba.

Au contraire de la façade occidentale, la façade orientale de l'île ne montre pas de véritable platier corallien. Une ébauche de platier existe seulement en face du village d'Antamotamo. Mais partout ailleurs on observe seulement de petits massifs de corail vivant, épars sur fond de sable ou collés aux rochers, jusqu'à une profondeur de trois ou quatre mètres. Cette absence de platier corallien sur la façade orientale de Nosy Bé s'explique par l'exposition. Cette façade est en effet abritée de la houle du nord-ouest. D'autre part le fetch de la houle de varatraz n'est que de quelques kilomètres seulement depuis le fond de la baie de Tsimipaika. Les apports d'eau turbide du Sambirano ne semblent pas devoir être invoqués pour expliquer l'atrophie du récif : en effet le petit îlot d'Ambato Rano (îlot Dumanoir), beaucoup

plus près des bouches de crue du fleuve, est entouré par une prairie dense de corail vivant, ce qui prouve que même en cet endroit le corail trouve des conditions favorables à son développement.

Nous avons examiné par grande marée de 0,5 mètre le récif frangeant en face du village d'Antsiabe, au sud-ouest de Nosy Komba. En cet endroit la côte est rocheuse, avec sur le haut de l'estran des accumulations de gros rochers anguleux de syénite. De nombreuses petites anses sableuses correspondent au débouché des principaux ruisseaux. Elles sont souvent précédées par des deltas d'estran.

Le platier corallien, large de 300 mètres, présente les caractères suivants :

1°) Il n'y a pas d'ébauche de chenal d'embarcation en arrière de la crête détritique à têtes de nègres. L'herbier à Cymodocées découvre entièrement aux grandes basses mers. Seules demeurent de très belles mares dissymétriques, à rebord abrupt de 20 à 40 centimètres tourné vers la terre. Par endroits il existe des buttes témoins couvertes d'herbier et complètement déchaussées. Ces formes de déchaussement sont les plus fréquentes là où il y a de forts courants, à proximité des enseellements de la crête détritique qui servent de déversoirs au jusant.

2°) La levée détritique, large de quelques dizaines de mètres, dépasse l'herbier d'environ 50 centimètres. Elle découvre donc au jusant avant l'herbier. Les matériaux qui la constituent sont des branches de corail brisées, mélangées à un sable très fin, qui remplit les interstices. Sur la levée sont répandus au hasard quelques plus gros blocs de corail mort (têtes de nègres), qui au jusant sont les premiers à émerger.

3°) La pente extérieure de la levée porte des têtes de corail vivant, d'abord petites et éparses entre 1 mètre et 0,5 mètre, puis de plus en plus serrées à partir du niveau des basses mers de vives eaux moyennes.

4°) La bordure externe, toujours immergée, présente une majorité d'espèces massives de grande taille. Nous avons observé au masque, un peu en avant de cette bordure, des pinacles abrupts de corail posés sur des fonds de sable de 5 à 10 mètres. Vus d'un bateau, ces pinacles apparaissent comme des taches foncées sur un fond généralement clair.

II. — LES ILOTS D'AMBARIOTELO

Ces îlots (fig. 73) au nombre de quatre (Ambariobe, Ambariotelo, le Rocher Sud et Nosy Vorona) sont situés entre Nosy Komba et le Lokobe, à peu près au milieu de la partie orientale de la passe.

Ambariotelo, Ambariobe et le Rocher Sud sont reliés à marée basse par des flèches de sable. Nosy Vorona est séparée des trois îlots précédents par des profondeurs de 12 mètres.

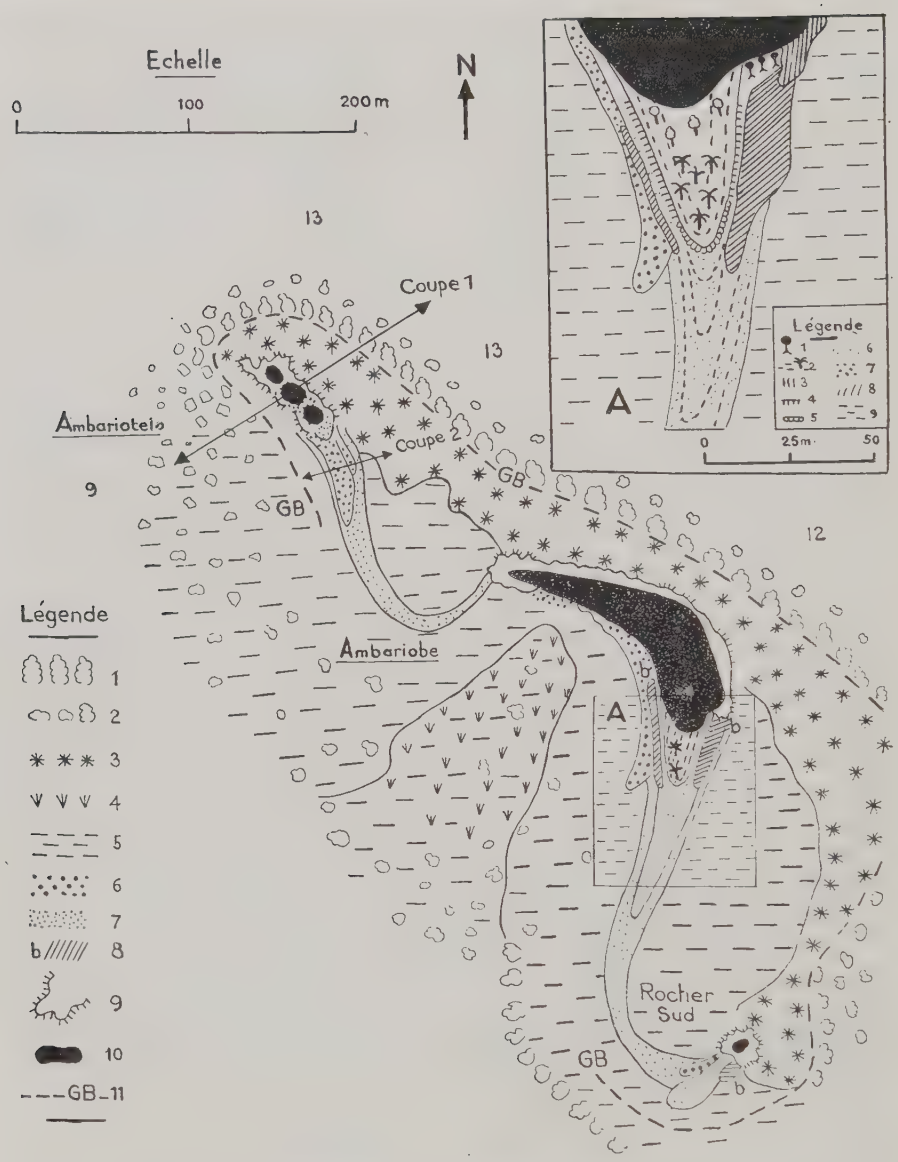


Fig. 73. — Les Ambariotelo de la passe de Nosy Komba.
Dans le carton, la flèche sous le vent d'Ambariobe.
1 : Rebord externe du récif entièrement tapissé de corail vivant. 2 : Pinacles ou massifs isolés de corail vivant sur fond de sable (espèces massives dominantes). 3 : Partie supérieure du récif tapissée de corail vivant (espèces branchues dominantes). 4 : Herbier. 5 : Fond de sable. 6 : Levée de galets. 7 : Levée de sable. 8 : Beach rock. 9 : Rebord de platier dans roches volcaniques. 10 : Partie insubmersible des îles. 11 : Laisse des basses mers de vives eaux.

Il existe des profondeurs de 10 à 12 mètres entre Nosy Vorona et la pointe de Tafondro. Entre le rocher Sud et Nosy Komba les profondeurs sont du même ordre de grandeur.

Ces quatre îlots sont dans une position très particulière au point de vue de l'exposition à la houle. Ils sont atteints sur leur façade occidentale par la houle du nord-ouest, fortement déviée et affaiblie après avoir contourné le Lokobe par l'ouest. Sur leur façade nord-ouest ils sont atteints par cette même houle du nord-ouest mais qui a cette fois contourné Nosy Bé vers l'est, et, après avoir été déviée par la pointe de Tafondro, s'engage dans le détroit dans la direction opposée. Enfin ils sont exposés sur leurs façades est et sud-est à l'action de la houle engendrée par le varatraz.

On s'attendrait à trouver dans ces conditions une vie corallienne à peu près uniformément développée autour de ces îlots. Il n'en est rien. Seule la façade exposée au nord-est montre un platier corallien et un bioherme corallien actif. La raison en est l'affaiblissement considérable de la houle du nord-ouest qui pénètre par l'ouest dans le détroit. Comme nous avons pu le constater la houle ayant contourné Nosy Bé par l'est, est la seule à avoir encore une force assez importante, et c'est habituellement de ce côté des îlots que l'on observe les déferlements les plus forts à marée haute. La prédominance de la houle du nord-est (houle du nord-ouest ayant contourné Nosy Bé par l'est) se marque aussi dans la morphologie des formes d'accumulation. Les flèches sous le vent d'Ambariotelo et d'Ambariobe ont une direction générale déterminée par la composante des deux systèmes de houle ; mais dans le détail des inflexions en arc de cercle à convexité tournée vers le sud-ouest bien visibles sur les photographies aériennes sont dues à notre avis à la prédominance de la houle venant du nord-est (plutôt qu'à l'action des courants de marée, de force sensiblement égale dans les deux sens en cet endroit). Enfin la queue de sable du rocher sud est adaptée presque exclusivement à la direction de ce dernier système de houle.

1°) Ambariobe

Le plus grand des quatre îlots, a une forme générale en croissant. Il est constitué par des grès et des schistes, recoupés par un grand nombre de filons parallèles de basalte de direction sud-ouest—nord-est. Ces filons plus résistants à la décomposition phréatique que les roches

---

Légende du carton. — 1 : Palétuviers. 2 : Partie sableuse insubmersible de l'accumulation avec cocotiers. 3 : Platier rocheux submersible. 4 : Partie de la flèche sableuse attaquée en microfalaise et en recul. 5 : Partie de la flèche sableuse, en progression, avec Patate à Durand. 6 : Partie sableuse submersible de l'accumulation. 7 : Levée de galets submersibles. 8 : Beach rock. 9 : Fond de sable fin.

encaissantes sont mis en relief sur l'estran par l'érosion marine, donnant une série de dykes, véritables murs parallèles hauts de 1 à 3 mètres et larges de quelques dizaines de centimètres. Ces dykes sont bien visibles sur la photographie n° 38, planche XX. Cette disposition a déjà été signalée par P. Lemoine (1906), qui donne un croquis géologique de la pointe nord de l'îlot (p. 158).

La partie centrale de l'îlot, qui atteint 39 mètres d'altitude (cote de la carte marine) est couverte de buissons. Un large platier d'abrasion marine taillé dans la roche en place s'étend sur les faces nord et nord-est de l'île. L'extrémité méridionale se continue par une queue libre de sable. Il faut distinguer dans cette queue une partie toujours émergée, de forme triangulaire et couverte de cocotiers, et une partie immergée à marée haute, d'aspect filiforme.

La partie non submersible de la queue mesure une centaine de mètres de longueur, et cinquante de largeur à l'enracinement. Elle est attaquée sur les deux faces en une microfalaise taillée dans le sable et l'humus, avec des cocotiers arrachés ou sur le point de s'abattre sur la haute plage. Seule l'extrémité de la pointe triangulaire insubmersible est, semble-t-il, en progression rapide ; il existe une pente douce de raccordement avec la haute plage couverte par la liane rampante *Ipomea.*

Sur les deux faces de la queue affleurent, à la base de la haute plage, de grandes dalles de beach rock. Les pendages des lits constituant ces dalles sont normalement tournés vers l'extérieur de la flèche, et ne permettent pas de reconstituer l'axe d'une ancienne queue grésifiée.

La partie immergée à marée haute de l'accumulation sous le vent d'Ambariobe comprend une traînée filiforme de sable coquillier, reliée au récif sud, et un embryon de flèche libre de galets qui ne sont que rarement remués ainsi que le prouve leur recouvrement par un fin feutrage d'algues.

L'existence d'un embryon de queue de galets à côté de la queue principale, de direction légèrement oblique par rapport à l'axe de cette dernière, n'est pas un fait exceptionnel : une telle disposition existe aussi à Ambariotelo et dans l'accumulation sous le vent du rocher sud.

2°) Ambariotelo

Cette île est entièrement basaltique. La partie toujours émergée est constituée par trois petits culots abrupts de basalte prismé couverts d'arbustes, ayant respectivement 23, 24 et 13 mètres de hauteur (cote de la carte marine). Chacun de ces culots est ceinturé par une plateforme étroite, taillée dans le basalte, au niveau des hautes mers moyennes (plateforme de haute mer).

En contrebas d'un petit ressaut de mi-marée s'étendent dans la partie inférieure de l'estran, soit d'autres éléments de platiers basaltiques surbaissés, soit des amas de blocs mal roulés, qui s'ennoient vers la mer sous un sable corallien grossier ou, sur la face nord et nord-ouest, sous un revêtement continu de corail vivant (surtout espèces branchues).

Les platiers d'abrasion marine taillés dans les basaltes prismés sont surtout bien développés dans la partie nord d'Ambariotelo où ils montrent les plus belles formes polygonales de toute la région de Nosy Bé. La partie interne des cellules prismatiques, d'un diamètre de 15 à 20 centimètres, est en relief, tandis que les cloisons ont été évidées par la corrosion marine en un sillon étroit, profond de quelques centimètres à une dizaine de centimètres. L'ensemble a l'aspect d'un paysage de polygones d'une grande régularité, avec quelquefois des escaliers semblables en petit à ceux de la Chaussée des Géants.

L'accumulation sous le vent d'Ambariotelo est surtout constituée par des galets de basalte. Elle est entièrement immergée à marée haute contrairement à l'accumulation sous le vent d'Ambariobe. Un profil en travers montre que les galets les mieux roulés occupent l'axe de la queue dans la partie la plus haute, entre le niveau de la mi-marée et le niveau des hautes mers moyennes. Au-dessous du niveau de mi-marée on ne rencontre plus que des blocs anguleux ou des galets rarement roulés recouverts d'un feutrage fin d'algues. Les plus gros blocs se trouvent à l'enracinement de la queue. L'extrémité de l'accumulation, d'aspect filiforme, est émergée seulement à marée basse ; elle est constituée par un sable corallien grossier ; elle rejoint le platier rocheux nord d'Ambariobe après une inflexion caractéristique qui ne peut s'expliquer, nous semble-t-il, que par l'action prédominante de la houle venant du nord-est.

3°) Le rocher Sud

Constitué par les mêmes roches qu'Ambariobe, il montre aussi le développement d'une plateforme d'abrasion dans la roche en place face à la houle dominante, et une queue sous le vent de sable entièrement immergée à marée haute. Cette queue, longue de 150 mètres environ, est orientée nord-est—sud-ouest. Elle est légèrement renflée à son extrémité, et flanquée à l'est par une petite flèche embryonnaire de galets en continuité avec la terminaison filiforme de la queue d'Ambariobe. Un petit affleurement de beach rock existe sur sa face orientale près de l'enracinement de l'accumulation sableuse.

Les trois îlots que nous venons de décrire constituent un seul ensemble au point de vue de la construction corallienne (voir la fig. 73) qui est caractérisée par une dissymétrie très nette entre la façade nord-est et la façade sud-ouest :

La façade nord-est montre la vie corallienne la plus active. Le platier du récif est presque entièrement recouvert, jusqu'aux affleurements volcaniques des îlots, par de grands placages de corail d'espèces branchues qui forment en certains endroits un revêtement quasi continu de corail vivant. La prairie à Cymodocées qui, nous l'avons vu, est l'une des parties les plus importantes en surface de la zonation des récifs du nord et de l'ouest de Nosy Bé, se réduit ici à des taches exiguës, ou n'existe pas du tout dans certaines sections du récif. Sur la bordure externe on passe brusquement de ce bioherme supérieur, caractérisé par des touffes ou des plaquages d'espèces coralliennes branchues, à un bioherme que l'on peut appeler inférieur ou externe avec de nombreuses formes en boules ou en pinacles d'espèces massives. Les fonds de sable en avant de la rupture de pente de la bordure externe du récif sont entre moins 8 mètres et moins 12 mètres.

La façade sud-ouest présente au contraire une descente en pente douce vers des fonds de 10 à 12 mètres. Des petits massifs isolés de corail sont visibles de place en place, reposant sur des fonds de sable fin. Il n'a pas été possible de distinguer à la lunette de calfat l'importance exacte de l'herbier à Cymodocées de ce côté, mais cet herbier semble mieux développé ici que sur la face exposée à la houle venant du nord-est.

4°) Nosy Vorona

C'est à 700 mètres au nord d'Ambariotelo, un petit îlot basaltique de forme arrondie d'une centaine de mètres de diamètre. Une levée saillante de très gros blocs de basalte mal roulés ceinture en partie cet îlot. L'unique plage de sable de l'île se trouve sur la face sud. Cette forme d'accumulation est une queue sous le vent embryonnaire. Elle se prolonge au-dessous du niveau de mi-marée par un banc de galets rarement remués par les vagues.

Les fonds au sud de l'îlot sont surtout sableux (extension sous-marine de l'accumulation sous le vent). Au nord et à l'est au contraire l'îlot est ceinturé par un platier corallien qui émerge en grande partie à grande marée. Comme à Ambariobe, les touffes d'*Acropora* couvrent la plus grande partie de la surface du platier jusqu'à l'affleurement des basaltes, réduisant à néant la zone dite à Cymodocées, qui se trouve donc absente dans ce type de zonation. Sur la bordure externe du platier on atteint brusquement des fonds de 8 à 12 mètres. Cette bordure est en tous points comparable à celle du récif nord et nord-est d'Ambariotelo et d'Ambariobe, avec de petits encorbellements, de nombreux pieds de corail massif, et en avant, reposant en un fond de sable, des massifs isolés de corail en forme de tours ou de pinacles, fort dangereux à marée basse pour la navigation.

III. — NOSY FANIHY

Ce petit îlot volcanique, à 3 kilomètres au nord de la pointe d'Ambohodoy dans l'extrême nord de Nosy Bé, est remarquable par sa très belle queue de sable sous le vent. Cette queue de sable, longue de 200 mètres, se présente comme un pédoncule effilé légèrement renflé à son extrémité et à peine immergé à marée haute.

La naissance de la queue est constituée par un gravillon grossier à ramures brisées de corail. La granulométrie devient plus fine au fur et à mesure que l'on avance vers l'extrémité du pédoncule qui est formée par du sable fin.

La queue de sable actuelle repose du côté sud-ouest sur une queue ancienne entièrement transformée en beach-rock. Les dalles de beach rock affleurent largement sur la plage sud-ouest de l'île, et servent de ce côté de socle à la flèche libre actuelle. On observe trois sortes de beach-rock. Entre l'îlot occidental et l'île principale affleure surtout un beach-rock de couleur marron foncé constitué par des ramures brisées de corail soudées par une argile consolidée provenant de la décomposition des roches volcaniques qui constituent le socle de l'île. Vers le sud on passe à un beach rock de teinte claire presqu'uniquement constitué par des ramures brisées de corail ; le sédiment originel de ces dalles est semblable à celui qui forme la racine de la flèche actuelle. Ce beach rock contient de place en place de gros galets de basalte (alors qu'il n'y en aucun dans la queue actuelle). Enfin tout à fait au sud on trouve un beach rock correspondant à la consolidation de sédiments sableux de granulométrie plus fine.

L'étude de la stratification du beach rock est particulièrement intéressante. Le pendage habituel des bancs est tourné vers le sud-ouest ; mais dans la partie méridionale des affleurements on observe une ligne de rencontre des pendages sud-ouest et de pendages nord-est, marquant l'axe d'une ancienne queue aujourd'hui grésifiée. Il apparaît nettement que l'axe de cette ancienne queue avait une orientation différente de celui de la queue actuelle. La valeur de l'angle entre les deux axes est d'environ 10 degrés. Il y a eu déplacement vers l'est de l'extrémité de la flèche actuelle par rapport à l'ancienne.

Une telle modification peut s'expliquer difficilement autrement que par un changement dans la direction de la houle dominante, donc du système des vents.

La partie au vent de l'île est précédée par un vaste platier coralien rainuré. Nous avons examiné ce platier au masque de plongée à mi-marée. La bordure externe du récif nous a semblé très semblable à celle des façades occidentale et septentrionale du récif d'Andilana : glacis de corail mort rainuré descendant en pente assez faible jusqu'à des fonds de sable entre moins huit et moins dix mètres ; vie corallienne

très peu active ; absence des espèces massives constituant habituellement les pinacles.

Il n'a pas été possible de distinguer au masque la levée à têtes de nègres ; il est probable cependant qu'étant donné l'exposition de plein fouet du platier à la houle du nord-ouest, cette levée est ici largement développée.

Sur les faces nord-est et sud-ouest du récif, qui reçoivent la houle de biais, la vie corallienne devient plus active. Il existe quelques pinacles et quelques massifs de corail vivant qui reposent sur les fonds de sable. La partie sous le vent, de part et d'autre de la flèche libre, est constituée par des fonds de sable corallien avec un maigre herbier, portant de petits massifs isolés de corail vivant depuis le niveau des basses mers moyennes jusqu'à moins 10 mètres environ, profondeur au-delà de laquelle il n'a pas été possible de pousser l'observation.

IV. — SAKATIA

Longue de 4 kilomètres environ cette île, qui flanque la côte occidentale de Nosy Bé, est constituée au nord et au centre par des rhyolites décomposées, et au sud par un dôme d'ankaratrite de formation plus récente.

La partie centrale et septentrionale rhyolitique est disséquée en un fouillis de collines latéritiques. Une brousse secondaire discontinue laisse apparaître de grandes déchirures blanches ou rouge vif, indices d'une érosion active.

La trangression flandrienne a ennoyé la partie inférieure des petits talwegs de l'est, multipliant les anses et les baies. Le dégagement par l'érosion marine des parties restées saines de la roche sous les argiles latéritiques donne une morphologie que nous avons déjà décrite dans le chapitre consacré à la morphologie des estrans rocheux à Nosy Bé : amas de petites boules de l'ordre du mètre dans la partie supérieure de l'estran, et chicots résiduels de roche saine, qui constituent les pointes et les petits îlots (îlot de Fihamena).

Le dôme d'ankaratrite du Bongo Antsoa est une construction volcanique récente reliée au reste de l'île par un pédoncule surbaissé.

La régularisation du littoral oriental de l'île est à peine commencée (paysage de micro-rias). Le littoral septentrional, exposé à la houle de talio, présente au contraire de belles accumulations sableuses au vent, comme la grande plage nord, qui est un exemple d'accumulation accrochée à la roche en place à ses deux extrémités, avec un seul exutoire central. On retrouve à Sakatia la dissymétrie corallienne habituelle entre la façade nord et nord-ouest exposée à la houle de talio, et la façade est et sud-est, battue seulement par des vaguelettes dont le fetch ne dépasse pas 2 à 3 kilomètres, du fait de la proximité du littoral

de Nosy Bé. Alors qu'il existe un assez beau platier corallien au nord de l'île, l'est et le sud-est peuvent se comparer, par l'atrophie complète du récif, à la côte orientale de Nosy Komba, ou à la façade sous le talio du Lokobe.

V. — TANIKELY

Cet îlot volcanique (fig. 74) haut de 56 mètres, situé à 7.500 mètres au sud de Nosy Bé, a déjà été parfaitement décrit par A. Guilcher (1956). Nous nous bornerons donc à reprendre la description faite par cet auteur.

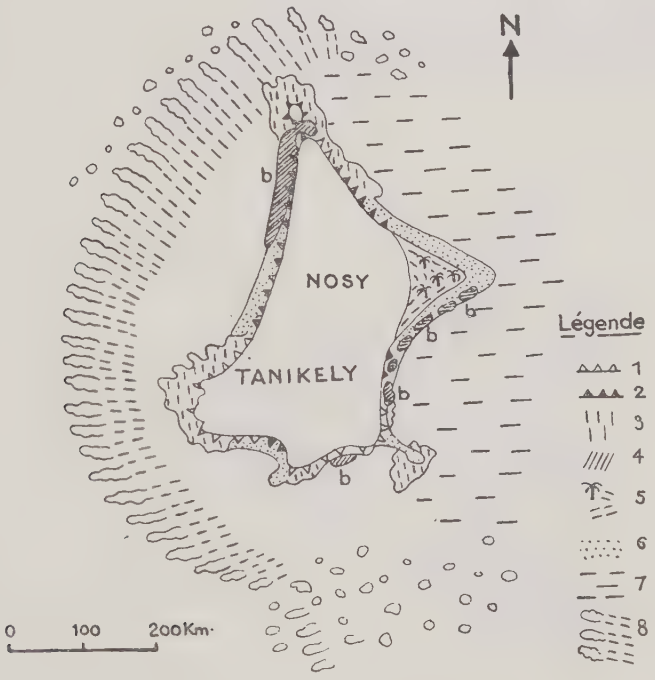


Fig. 74. — Nosy Tanikely.
1 : Falaise rocheuse. 2 : Falaise dans cendres volcaniques et dans argiles latéritiques. 3 : Platier submersible dans roches volcaniques. 4 : Beach rock. 5 : Partie insubmersible de l'accumulation sous le vent, avec cocotiers. 6 : Plages et levées de sable ou de graviers coralliens submersibles. 7 : Fonds de sable. 8 : Bordure externe de corail vivant.

La côte ouest, exposée au talio, a de grandes falaises dans les cendres volcaniques, qui reculent par glissements et par éboulements. L'existence de vraies falaises, exceptionnelles dans la région, s'explique par la nature de matériaux (cf. A. Guilcher).

La partie sous le vent de l'île est prolongée par une très belle queue insubmersible, de sable, de forme triangulaire et plantée de cocotiers (fig. 75). Du côté exposé au sud cette queue est actuellement attaquée par l'érosion en une petite falaise abrupte de 50 centimètres à 1 mètre de hauteur. Les crêtes de plage constituant le corps de l'accumulation sont ici recoupées, et des cocotiers déracinés par le recul de la micro-falaise, gisent sur la haute plage. A mi-hauteur de la plage affleurent de grandes dalles déchaussées de beach-rock, à pendage vers l'extérieur qui forment des micro-cuestas. Du côté exposé au nord l'accumulation est au contraire en progression. Il n'y a ni micro-falaise ni affleurement de beach-rock. Une crête de plage récemment mise en place est en voie de colonisation par la liane rampante *Ipomea*. Lors de notre passage dans l'île, une nouvelle crête de plage était en formation, séparée de la dernière par un petit ensellement. Il semble donc qu'il y ait actuellement déplacement vers le nord de l'axe de l'accumulation.

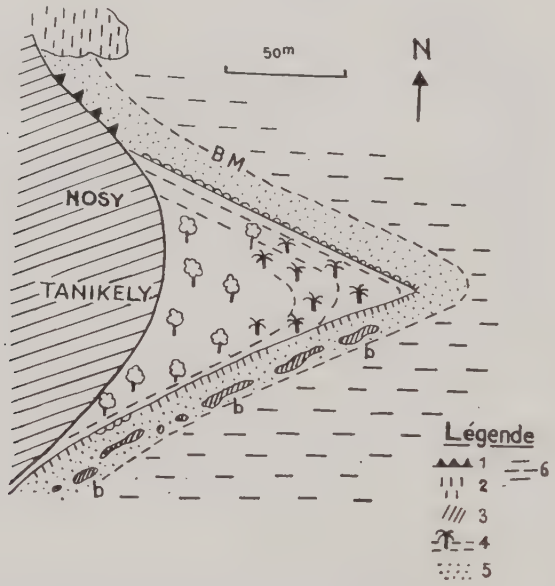


Fig. 75. — La flèche sous le vent de Nosy Tanikely.
1 : Falaise dans cendres volcaniques et argiles latéritiques. 2 : Platier submersible dans roches volcaniques. 3 : Beach rock. 4 : Cordons sableux dans la partie insubmersible de la flèche sous le vent avec cocotiers. 5 : Plage sableuse. 6 : Fonds de sable. B. M : Laisse de mi-marée.

Au sud de l'île il existe une petite caye de débris de corail, signalée par A. Guilcher (1956). Cette accumulation qui repose sur un platier de roches volcaniques, est relié à basse mer à l'île par un tombolo de

débris de corail. Dans le nord de l'île un affleurement de beach-rock qui se suit sur une centaine de mètres, correspond à une plage récente consolidée. Déchaussé par l'érosion marine, ce beach rock est actuellement corrodé en très beaux lapiés. A. Guilcher a décrit la dissymétrie de l'île en ce qui concerne les édifications coralliennes. A l'est de l'île on a surtout des fonds de sable, dans le prolongement immergé de la queue triangulaire sous le vent. On descend doucement jusqu'à des profondeurs de 2 ou 3 mètres à 250 mètres du rivage de l'île, sans qu'apparaisse aucune trace de vie corallienne. Au nord et à l'ouest au contraire, sur la façade exposée à la houle de talio, la vie corallienne est beaucoup plus riche. On observe une disposition des colonies de coraux en lanières perpendiculaires au rivage. Cette disposition est une forme d'adaptation à la houle. A. Guilcher signale qu'à partir de 4 ou 5 mètres, on passe progressivement à des massifs sub-circulaires ce qui s'explique par l'atténuation de l'action de la houle avec l'augmentation de la profondeur.

CHAPITRE VII

LES FONDS SOUS-MARINS

Pour l'étude des fonds sous-marins on dispose de la carte marine à petite échelle (1/901.790e) couvrant le secteur compris entre le Cap Saint-André et la baie d'Antongil (carte du service hydrographique de la Marine n° 1441), et de la carte n° 5264 au 1/100.340e de la pointe d'Ambavatoby à la pointe d'Angadoka (abords de Nosy Bé). Des cartes de détail à grande échelle existent en outre pour la partie sud de Nosy Bé (carte 5128 au 1/25.000), pour la baie d'Ambavatoby (carte 5241 au 1/25.000e), pour le mouillage de Nosy Mamoko et la baie d'Ambararata (carte 5204 au 1/20.000e).

1°) Le plateau continental

La côte nord-ouest de Madagascar est précédée d'un plateau continental d'une largeur très constante de 20 à 40 kilomètres entre le Cap Amparafaka et Nosy Bé, sur 450 kilomètres environ. Ce plateau est plus largement développé en face du Cap Saint-André, où il atteint 80 kilomètres de largeur, et en face de la Mahavavy du nord, où il atteint environ 70 kilomètres. Il se rétrécit vers le nord jusqu'à disparaître complètement en face du Cap d'Ambre. Il porte un grand nombre d'îles, surtout entre la baie de Narinda et le Cap d'Ambre. Les plus importantes de ces îles sont Nosy Lava en face d'Analalava, les îles Radama, Nosy Iranja, Nosy Bé et Nosy Komba, enfin Nosy Lava du nord et l'archipel des Mitsio. Il y a, de plus, un grand nombre d'îles plus petites.

Les profondeurs du plateau continental excèdent rarement une quarantaine de mètres.

La retombée extérieure sur les fonds de plusieurs centaines de mètres est habituellement très brutale. Il s'agit d'une véritable falaise sous-marine de plusieurs centaines de mètres de hauteur. Ce talus continental, rebord du bloc sialique malgache, présente en face des îles Radama des pentes que nous avons évaluées, en compagnie de P. Fourmanoir, à 20 degrés au moins, entre moins 10 mètres et moins 100 mètres.

Pour le secteur compris entre Majunga et Nosy Bé on ne possède que peu de sondages en dehors du plateau continental. Entre Majunga et le Cap Saint-André, on possède quelques cotes de plus de 1000 mètres. En face de Cap Amparafaka, la cote 2210 mètres est à 10 kilomètres d'une cote 13 mètres située sur le bord extérieur du plateau

continental, ce qui fait en cet endroit une pente moyenne minima de 22% pour le talus continental.

En face du Cap Saint-André, ainsi qu'entre Nosy Bé et le Cap Vohilava, il est probable qu'il existe un platier intermédiaire entre moins 70 mètres et moins 200 mètres environ.

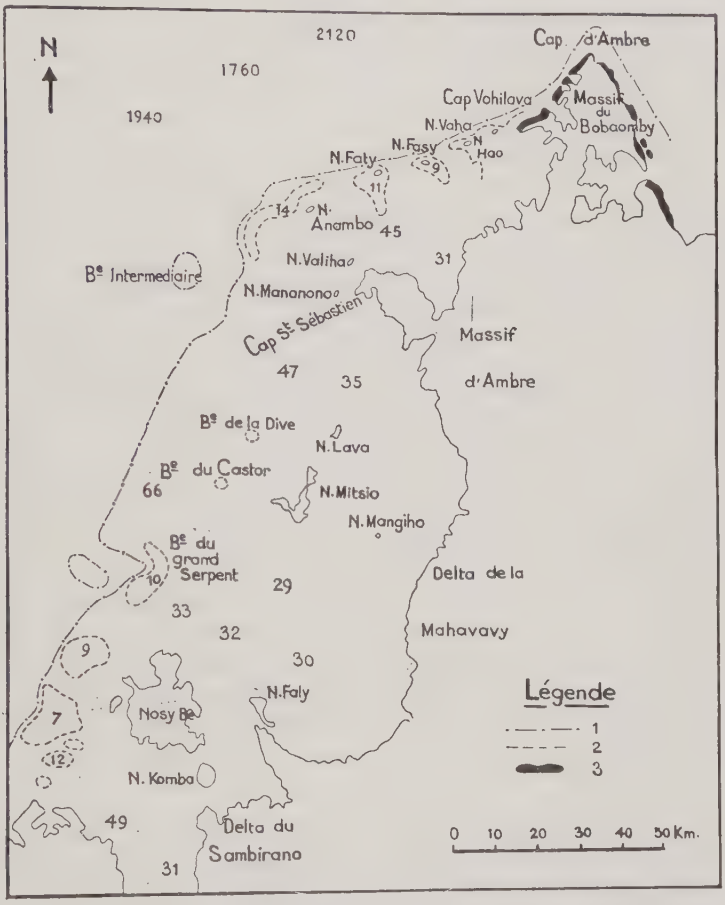


Fig. 76. — La plateforme continentale du nord-ouest de Madagascar entre Nosy Bé et le Cap d'Ambre.
1 : Courbe bathymétrique de 100 mètres. 2 : Principaux bancs de la barrière immergée délimités par les courbes bathymétriques de 10 mètres et 20 mètres. 3 : Récif corallien ancien émergé de l'extrême nord de Madagascar.

2°) La barrière immergée

La particularité la plus curieuse de la topographie sous-marine du plateau continental de cette partie de Madagascar est un relèvement

des profondeurs sur la bordure externe du plateau. Ce relèvement pose le problème de ce que A. Guilcher a appelé la barrière immergée. On peut suivre cette barrière immergée sur 600 kilomètres, depuis le Cap Saint-André jusqu'au Cap Vohilava. Sa profondeur est comprise entre 5 et 15 mètres. Elle est séparée de terre par une ensellement dans lequel les profondeurs sont comprises entre 20 et 50 mètres. Elle jalonne strictement le rebord tout à fait externe du plateau continental. Aussitôt au-delà des profondeurs faibles correspondant à cette barrière immergée, c'est la descente brutale sur des fonds de plusieurs centaines de mètres, sauf aux endroits où il existe un palier intermédiaire.

En face de Nosy Bé, cette barrière immergée est représentée par une série de bancs. En allant du nord-est vers le sud-ouest, ce sont le banc du Grand Serpent (10 mètres), le banc Vert (7,2 mètres), la Tortue (8,7 mètres), le banc Goliath (11 mètres), le Crabe (10 mètres), les Pléiades (8,7 mètres), le grand banc de l'Entrée (entre 7 mètres et 10 mètres), enfin le banc dit de 5 mètres. Un fait extrêmement curieux est la profondeur très constante, comprise entre moins 8 et moins 12 mètres, des parties les plus hautes de ces bancs. Cette zone de faibles profondeurs est séparée de Nosy Bé et de la Grande Terre par des profondeurs comprises entre 20 et 50 mètres.

A. Guilcher a examiné au masque de plongée, en compagnie de J. de Saint-Ours, le grand banc de l'Entrée à l'ouest de Nosy Bé (A. Guilcher 1956). L'eau était très claire. La barrière immergée s'est révélée constituée surtout par du sable, avec seulement de rares têtes vivantes de corail, très éparses, de quelques décimètres de diamètre et de hauteur, même sur le bord externe de la barrière. En face des Iles Radama la barrière, que nous avons examinée en compagnie de A. Guilcher et de P. Fourmanoir, présentait les mêmes particularités, le corail vivant couvrant seulement une très faible partie du fond, 5 ou 10%, peut-être moins, en petits massifs épars sur fond de sable.

Il semble donc qu'en tout état de cause la construction de cette barrière de corail ne se poursuive pas actuellement de manière active. Ainsi que le remarque A. Guilcher (1956) les conditions y sont pourtant très favorables à la croissance des coraux. Dans une note à la Société Géologique de France, A. Guilcher (1954) a posé le problème de l'origine de cette barrière immergée. M. Barrabé a pensé pouvoir expliquer la faible activité corallienne, et l'arrêt de l'édification de la barrière, par l'action des cendres volcaniques dues aux éruptions quaternaires de Nosy Bé. Mais, ainsi que le fait remarquer A. Guilcher, cette explication n'est satisfaisante que pour le nord, et ne permet pas de comprendre la profondeur de cette barrière, avec les mêmes caractères, jusqu'en face d'Analalava et de Majunga.

A. Guilcher propose une autre explication. Il ne s'agirait pas d'un récif barrière immergé, mais d'une cuesta, façonnée au cours d'une phase d'émersion dans les terrains plus récents que ceux constituant les cuestas émergées (par exemple dans de l'Aquitanien). Cet auteur précise que cette explication n'est qu'une simple hypothèse qui aura besoin d'être confirmée ou infirmée par des sondages plus nombreux et par des dragages. Il est prématuré de trancher le problème de l'origine de cette barrière. Les observations sont, pour le moment, trop peu nombreuses. Il serait essentiel de mieux connaître tout d'abord les conditions hydrologiques sur la bordure externe du plateau continental, d'autre part de savoir quelles sont les espèces coralliennes qui poussent sur la barrière.

Vers le nord de Madagascar, cette barrière, jusqu'alors immergée sous quelques mètres d'eau, émerge progressivement à partir du Cap Saint-Sébastien, sous la forme de récifs à caye sans socle précorallien apparent : Nosy Anambo, Nosy Faly, Nosy Fasy et Nosy Foty (fig. 76). Au nord-est de ces îles le plateau continental disparaît complètement. L'unité géomorphologique que A. Guilcher a appelée la barrière immergée du nord-ouest de Madagascar, et que nous voyons émerger en ses points hauts à partir du Cap Saint-Sébastien, semble se prolonger alors dans la presqu'île du Bobaomby sous la forme des récifs coralliens soulevés entre le Cap Vohilava et le Cap d'Ambre. Les récifs coralliens soulevés de la côte occidentale du Bobaomby ont été étudiés par A. Guilcher (1956). Cet auteur a décrit un récif corallien ancien à chenal d'embarcation, à 10 mètres d'altitude. Ce récif a sa plus grande largeur au sud du Bobaomby, dans la presqu'île du Cap Vohilava. Il se rétrécit ensuite progressivement vers le Cap d'Ambre. Il constitue l'ensemble de la partie sud-ouest de la presqu'île de Vohilava. A l'ouest, le récif ancien émergé se continue probablement à Nosy Pahangy et aux pointes nord et sud du Nosy Hao. Malheureusement, il a été impossible de déterminer l'âge du récif émergé de la côte du Bobaomby, les échantillons de Madréporaires s'étant révélés décevants au point de vue paléontologique. A. Guilcher pense cependant qu'il serait étonnant que ce récif fut antérieur au quaternaire, vu son état de conservation (Étude géomorphologique des récifs coralliens du nord-ouest de Madagascar, 1956, p. 86).

D'après Lemoine et de Saint-Ours, il existerait en arrière du chenal d'embarcation de cet ancien récif, des lambeaux de récifs coralliens plus élevés et encore plus anciens. D'après de Saint-Ours (*in* Guilcher 1956, p. 86), ces lambeaux seraient à 34, 38 et 39 mètres aux abords du Cap d'Ambre ; il y en aurait d'autres à 25 mètres et 60 mètres, mais dans une position incertaine. L'âge de ces récifs plus anciens n'est pas non plus connu pour l'instant.

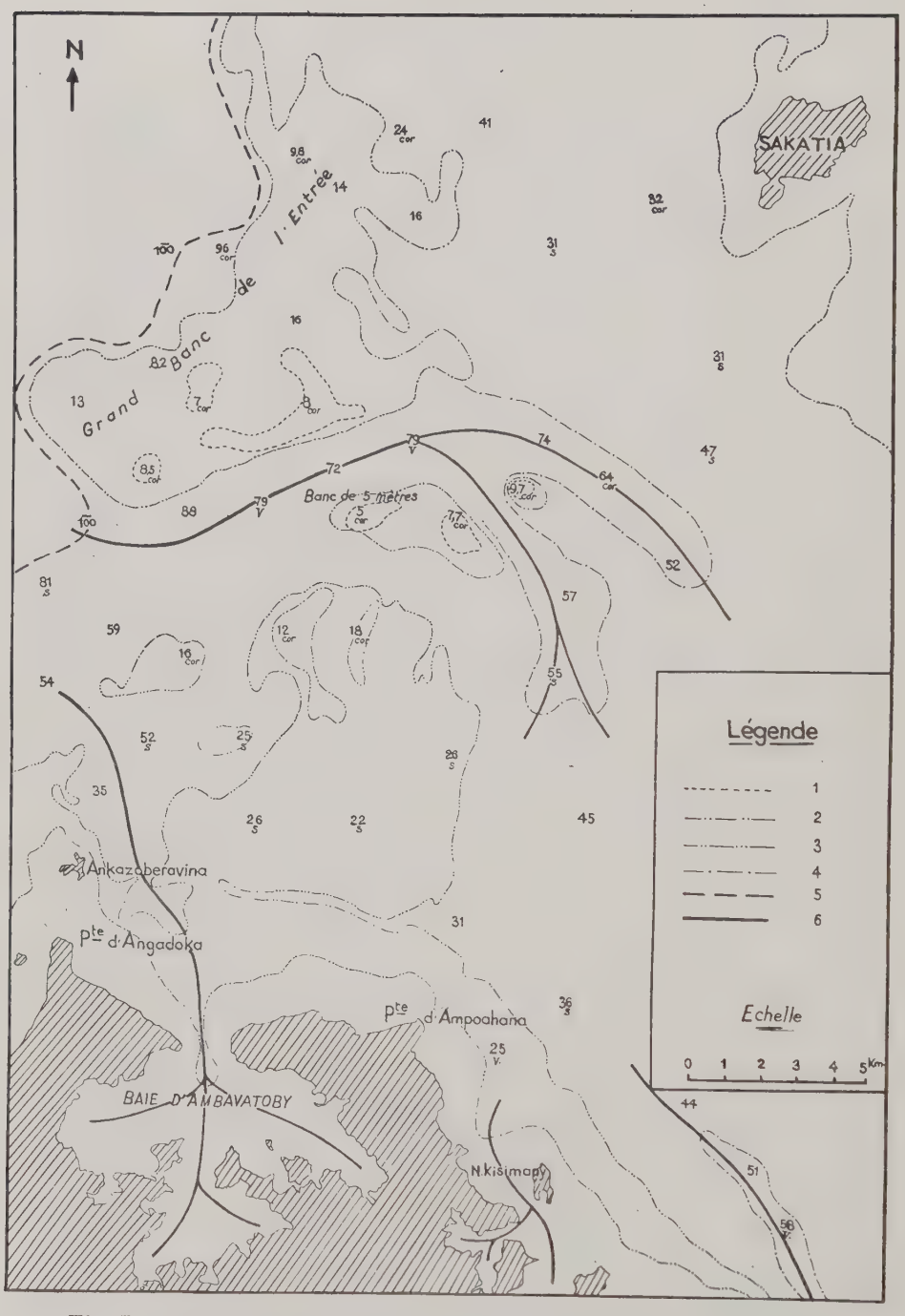


Fig. 77. — La plateforme continentale et les vallées sous-marines entre Nosy Bé et la pointe d'Angadoka.

1 : Courbe bathymétrique de 10 mètres. 2 : Courbe bathymétrique de 20 mètres. 3 : Courbe bathymétrique de 30 mètres. 4 : Courbe bathymétrique de 50 mètres. 5 : Courbe bathymétrique de 100 mètres. 6 : Tracé des principales vallées sous-marines.

3°) Les traces d'un réseau hydrographique ennoyé

On a signalé depuis longtemps l'existence de vallées sous-marines, dans le prolongement des grandes vallées actuelles, sur le plateau continental du nord-ouest de Madagascar. A. Guilcher a remarqué que la barrière immergée n'est pas continue, mais tronçonnée par des passes profondes de 50 à 80 mètres (par exemple entre Nosy Bé et la presqu'île d'Ampasindava, au nord des îles Radama, et entre Nosy Lava et la pointe Maromony). Ces passes, écrit-il, paraissent correspondre au prolongement ennoyé du lit des grandes rivières de Madagascar.

La carte marine 5264 (de la pointe d'Andemby à la pointe d'Angadoka) permet de déceler un bel exemple de réseau hydrographique ennoyé entre Nosy Bé et la presqu'île d'Ampasindava (fig. 77). Une rivière sous-marine, nettement soulignée par le tracé de la courbe bathymétrique de moins 50 mètres, sépare le grand banc de l'Entrée du banc dit de 5 mètres. Cette vallée sous-marine paraît affecter aussi la courbe de 100 mètres, qui accuse un léger rentrant. Par contre, elle n'apparaît plus dans la topographie sous-marine au-dessus de moins 50 mètres, sinon peut-être par un ombilic allongé de moins 58 mètres en face de la pointe d'Anjanozano. Le réseau hydrographique ennoyé de la baie d'Ambavatoby se prolonge de même par une vallée sous-marine qui passe à 1 kilomètre à l'est d'Ankazoberavina. Cette vallée sous-marine est soulignée par le tracé de la courbe de moins 30 mètres.

Si les vallées sous-marines sont reconnaissables surtout sur la bordure externe du plateau continental, c'est parce qu'en cet endroit elles ont été moins remblayées. Entre la barrière immergée et le littoral, la topographie continentale immergée a été généralement recouverte par un colmatage vaseux et sableux considérable qui donne un fond plat ou à ondulations très douces et voile complètement les irrégularités primitives. Ces vallées sous-marines se sont formées vraisemblablement lors d'une ou de plusieurs grandes régressions quaternaires, qui ont entraîné une émersion de la plus grande partie de l'actuel plateau continental.

La dépression fermée en ombilic, d'une profondeur de 26 mètres, du goulot d'Ambavatoby s'explique par les courants de marée puissants à l'entrée de la baie. La carte marine indique des fonds de sable en cet endroit, ce qui laisse supposer que les courants n'attaquent pas la roche en place, mais entravent seulement la sédimentation qui, partout ailleurs, exhausse progressivement les fonds. Cet ombilic a probablement la même origine que ceux, beaucoup plus importants, situés au débouché de la Betsiboka et de la baie de Mahajamba. Mais on ne décèle pas ici de delta sous-marin externe de marée semblable à ceux situés en face du débouché de ces deux grandes baies.

CHAPITRE VIII

TECTONIQUE ET EUSTATISME

Aucune étude géomorphologique détaillée n'ayant encore été faite sur la région du nord-ouest malgache, à l'exception du travail de A. Guilcher sur les récifs coralliens, il a été jugé utile et même nécessaire de donner à ce mémoire un caractère surtout descriptif et analytique. Dans une région aussi peu prospectée, le premier travail qui s'impose est en effet un travail d'inventaire des types de formes. Certaines considérations générales concernant la tectonique et l'eustatisme peuvent cependant être d'ores et déjà dégagées, qui pour la plupart ont été suggérées ou même quelquefois exprimées au cours de l'analyse régionale.

La première constatation importante est l'absence, dans la région étudiée, de plages marines anciennes « soulevées » antéflandriennes. On sait qu'en d'autres endroits de la côte malgache, la mer a stationné au cours du quaternaire à un niveau relatif supérieur au niveau marin actuel, soit qu'il y ait eu soulèvement des masses continentales (causes tectoniques), soit que la mer ait subi des oscillations propres (causes eustatiques), soit à cause d'une combinaison des deux phénomènes.

Ainsi dans la région de Majunga une transgression marine a laissé des amas d'huîtres, de Lamellibranches, de Gastéropodes et de Polypiers, d'espèces actuelles ou subactuelles, entre les cotes + 6 mètres et + 30 mètres, dans les plaines de Marovoay et autour du lac Kinkony. Ces dépôts sont entre + 6 mètres et + 10 mètres dans la basse vallée de la Mahavavy du sud et dans la plaine du lac Kinkony, et à + 30 mètres à Antaboka, à l'ouverture du delta, où il existe un riche niveau marin épais de 5 mètres (H. Besairie 1957). Le même auteur signale aussi des lambeaux de terrasses marines près d'Analalava : sur la Maevarano, près d'Ambaliha (vers + 35 mètres), et au nord de Komajara dans la baie de Narinda (vers + 30 mètres).

Dans l'extrême nord de Madagascar, ainsi que nous l'avons déjà signalé, des récifs coralliens émergés ont été décrits dans la presqu'île d'Orangea par Lemoine (1906), Decary (1924) et Guilcher (1956) entre + 5 et + 16 mètres au-dessus du niveau marin actuel. La côte occidentale du Bobaomby montre un récif corallien ancien émergé, jusqu'à + 3 ou + 4 mètres à Nosy Vaha, et jusqu'à une dizaine de mètres d'altitude entre le Cap Vohilava et le Cap d'Ambre (Guilcher 1956). De Saint-Ours a noté des lambeaux de récifs coralliens plus anciens, entre 34 mètres et 39 mètres aux abords du Cap d'Ambre et à 25 mètres et 60 mètres (*in* Guilcher 1956).

Enfin dans l'extrême sud de Madagascar, DECARY a signalé dès 1935 l'existence de plages soulevées à + 2 mètres sur les bords du lac Anony, près de l'embouchure du Mandrare. Ce niveau de plage (Karimbolien) dont le caractère eustatique semble évident puisque son altitude est constante sur un développement littoral de plusieurs centaines de kilomètres, est bien représenté sur le littoral sud-ouest du pays Tanosy, à l'ouest de la Fanjahira, dans le sud de l'Androy et du pays Karimbola, enfin dans la partie méridionale du littoral Tanalana (BATTISTINI 1956).

P. JODOT (1952) s'appuyant sur les travaux de P. LEMOINE (1906) et de L. BARRABÉ (1929) mentionne l'existence d'un niveau de terrasses marines à + 8 mètres sur la côte de Nosy Bé. En réalité P. LEMOINE a décrit seulement, sur la haute Mahavavy, une terrasse fluviale à 8 mètres environ au-dessus du niveau actuel du fleuve (p. 316 fig.123). L. BARRABÉ, de même, dans sa thèse, signale une basse terrasse fluviatile à 8 mètres au-dessus du lit de la rivière Manambao (p. 193, ligne 11). Ni l'un ni l'autre ne mentionne l'existence d'une terrasse marine à + 8 mètres sur la côte de Nosy Bé. Nos propres prospections menées méthodiquement le long des littoraux de Nosy Bé, de la presqu'île d'Ambato, et de la baie d'Ampasindava ont été négatives sur ce point : nous n'avons pas trouvé de plages anciennes soulevées au-dessus du niveau marin actuel, à l'exception de quelques indices incertains d'un stationnement de la mer flandrienne jusqu'à environ 1 mètre au-dessus du niveau des plus hautes mers actuelles.

L'absence de plages anciennes soulevées est favorable à l'hypothèse d'une subsidence locale. Nous avons écrit que la barrière ennoyée qui forme le rebord du plateau continental en face de Nosy Bé, émergeait vers le nord sous la forme des récifs à caye de Nosy Anambo, Nosy Faty, Nosy Fasy et Nosy Vaha, et semblait se continuer au Cap Vohilava et dans la Bobaomby par les récifs coralliens soulevés étudiés par A. GUILCHER. L'extrême nord de Madagascar, en particulier le Bobaomby, apparaîtrait donc comme une région en voie de soulèvement (émergence de la barrière et récifs coralliens anciens soulevés) par rapport à la région nord-nord-ouest subsidente (barrière ennoyée et absence de plages anciennes soulevées). A cette opposition géotectonique nord-sud s'ajoute une opposition est-ouest. La « flexure continentale », au sens de J. BOURCART, entre l'énorme intumescence du Tsaratanana, région en voie de soulèvement, et la subsidence côtière, a sa valeur maxima à la hauteur du bas-Sambirano, où justement la montagne se rapproche le plus de la mer. Cette valeur s'atténue vers le nord et vers le sud. La grande faille du bas-Sambirano n'est, dans cette perspective, qu'un des éléments de cette « flexure », dans la zone intermédiaire comprise entre le soulèvement de l'intérieur et la subsidence littorale. Le rétrécissement de la zone sédimen-

taire, avec disparition des termes les plus récents, est évidemment en rapport avec cette disposition géotectonique. L'hypothèse la plus vraisemblable est celle d'une subsidence générale relative des terrains sédimentaires dans la zone côtière. Ces derniers n'apparaissent que là où ils ont été soulevés par les intumescences éruptives locales du type Lokobe ou Ambohimirahavavy. La tectonique, et en particulier les pendages du sédimentaire, sont en rapport avec la disposition et avec l'existence même de ces massifs éruptifs intrusifs.

Dans ces conditions il est difficile de déterminer quelle est la part relative des mouvements propres du niveau marin (transgression flandrienne) et des mouvements du sol (subsidence) dans le phénomène d'ennoiement par la mer du relief continental et l'apparition d'une morphologie de rias. Il est probable que les deux processus ont joué conjointement, la plus grande part revenant sans doute au premier.

Dans l'état actuel des connaissances sur cette partie de Madagascar, deux grandes phases eustatiques peuvent être mises d'ores et déjà en évidence : la régression marine préflandrienne et la transgression flandrienne.

L'existence de vallées sous-marines sur le plateau continental prouve qu'à un moment du quaternaire il y a eu une grande régression, accompagnée d'une érosion et d'un approfondissement des vallées. L'ampleur exacte de cette régression est mal connue. L'estuaire de la Betsiboka a été creusé jusqu'à moins 80 mètres. A Marovoay, sur la basse Betsiboka, un sondage a traversé entre plus 6 mètres et moins 40 mètres des dépôts de remblaiement de l'ancienne vallée fluviale contemporaine de cette grande régression. Les vallées sous-marines du plateau continental entre Nosy Bé et l'extrémité de la péninsule d'Ampasindava témoignent aussi d'une régression jusqu'à moins 50 mètres et peut-être moins 100 mètres.

On peut sans grands risques mettre en parallèle cette grande régression quaternaire malgache avec celle de caractère glacio-eustatique, qui a fait émerger au quaternaire la plus grande partie de la plateforme de la Sonde, dont on a reconstitué minutieusement les deux anciens systèmes fluviaux ennoyés entre Java, Sumatra et Bornéo, et asséché la Manche, reliant ainsi la Grande Bretagne au Continent européen. On a retrouvé des traces de cette régression quaternaire sur presque tous les littoraux du monde. En Europe occidentale l'ampleur de la grande régression wurmienne est estimée par la plupart des auteurs à une centaine de mètres. Cette estimation s'appuie principalement sur l'étendue des réseaux hydrographiques ennoyés. Les vallées submergées de la plateforme de la Sonde se suivent aussi approximativement jusqu'à une profondeur d'une centaine de mètres. Il y a donc concordance entre ces chiffres et ceux que l'on peut assigner à la régression connue sur le littoral nord-ouest de Madagascar. Jusqu'à présent

il est impossible de préciser s'il y a eu à Madagascar une seule grande régression quaternaire, ou plusieurs, comme on l'a supposé pour expliquer les formes subaériennes ennoyées du plateau continental du nord-ouest de l'Europe (régression wurmienne, prémonastirienne, prétyrrhénienne, etc...). Il faudrait pour cela tout d'abord mieux connaître la topographie du plateau continental malgache et la nature des fonds, ensuite posséder une connaissance détaillée de la stratigraphie des formations de remblaiement des estuaires et des basses vallées fluviales.

La seconde et dernière phase eustatique majeure, celle de la transgression flandrienne, est de même un phénomène connu à l'échelle mondiale. La plupart des auteurs mettent en relation cette transgression avec la fonte progressive des inlandsis et des glaciers depuis la fin de la dernière grande période glaciaire (Wurmien).

L'une des conséquences de la remontée relativement rapide du niveau de la mer au cours de cette transgression a été l'ennoiement du relief continental préflandrien, et, en particulier, des systèmes fluviaux façonnés en fonction d'un niveau de base inférieur au niveau actuel. La morphologie de rias qui en résulte est caractéristique. La baie d'Ambavatoby est l'une des plus belles rias qui soit, et constitue un exemple typique d'ennoiement d'un réseau hydrographique ramifié.

Une autre conséquence a été la nécessité pour les rivières de réaménager leur profil en long en fonction du nouveau niveau de base. Il en est résulté une remontée, plus ou moins loin vers l'intérieur des terres, des phénomènes d'alluvionnement fluvial. Ce colmatage flandrien des vallées préflandriennes dépasse, ainsi que nous l'avons écrit, 40 mètres d'épaisseur dans la basse vallée de la Betsiboka. Dans le bassin de ce fleuve l'alluvionnement provoqué par la remontée du niveau de base marin a pénétré jusqu'à près de 100 kilomètres à l'intérieur des terres, constituant la vaste plaine alluviale du Kamoro, et la plaine du Betaramahamay le long de la basse vallée de l'Iabohazo.

Dans la région qui fait l'objet de ce mémoire, on n'observe pas de remontée aussi spectaculaire des phénomènes d'alluvionnement dans les basses vallées fluviales. Les petites plaines alluviales qui s'étalent souvent dans la section aval d'un grand nombre de petites rivières de Nosy Bé et de la péninsule d'Ampasindava, s'expliquent toutefois de la même manière.

Il semble que la remontée du niveau marin ait été relativement rapide jusqu'à un certain stade représenté par le niveau madréporique du sondage n° 3 d'Ambanja, et le banc de corail mort qui gêne les travaux du port d'Hellville. Pour que les vagues aient pu aller battre le pied des collines d'Ambanja à un certain moment du Flandrien, il a fallu que la remontée du niveau marin soit suffisamment rapide pour devancer les phénomènes de colmatage, et en particulier l'étalement

des alluvions du Sambirano dans le delta. De même dans le port d'Hellville il a fallu que le colmatage vaseux n'ait pas eu le temps, à ce moment du Flandrien, de s'étendre suffisamment pour rendre impossible la vie corallienne dans la partie interne de l'anse. Ce n'est qu'ensuite, soit à cause d'un ralentissement de la transgression marine, d'un arrêt, ou même d'une légère régression, que les phénomènes de colmatage ont pu se développer largement. Le delta du Sambirano s'est étalé alors jusqu'à Ankify et aux monts du Sambirano, repoussant la ligne de rivage de quelques 10 kilomètres. La limite interne de croissance des coraux, en face du port d'Hellville, s'est trouvée repoussée de la même manière vers le large de plusieurs centaines de mètres par suite du développement de la mangrove et du colmatage vaseux dans le fond de l'anse.

Nous n'avons pas relevé dans la région de Nosy Bé de traces absolument sûres d'un stationnement marin flandrien au-dessus du niveau marin actuel.

Dans le sud de Madagascar, dans la région de la baie des Assassins et dans la baie des Galions (R. Battistini 1958) on possède des preuves de l'existence d'un stationnement marin flandrien à 1,5 mètre environ au-dessus du niveau marin actuel. Des encoches de corrosion fossiles superposées, observées par A. Guilcher et nous-mêmes aux Iles Radama en 1956, témoignent aussi de l'existence d'un maximum marin semblable dans le nord-ouest de Madagascar. Ce maximum flandrien a été mis en évidence dans presque toutes les parties du monde, par R.H. Fairbridge en Australie occidentale (1946-1947, 1947, 1948, 1950), Ph. Kuenen en Indonésie (1933 et 1950) A. Guilcher en Mer Rouge (1955) P.R. Giot et A. Guilcher en Bretagne (1946), etc... Il s'agit donc d'un phénomène général, de caractère eustatique.

Dans la région de Nosy Bé et du bas Sambirano, nous n'avons trouvé que des indices incertains d'un tel maximum marin flandrien :

1°) A l'enracinement de la flèche d'Andohankary, sur le littoral oriental de la péninsule d'Ampasindava, il existe un lambeau d'une plage probablement flandrienne, avec des débris roulés de corail, jusqu'à 80 centimètres environ au-dessus du niveau des plus hautes mers actuelles. Ce lambeau est recouvert par un sol noir, de 10 à 20 centimètres d'épaisseur.

2°) Dans la partie orientale de l'anse d'Ampasimena (fig. 20) un cordon ancien de galets, bourré de coquilles marines, et recouvert par un sol, monte jusqu'à un mètre environ au-dessus du niveau des plus hautes mers actuelles. Ce cordon ancien est attaqué en une petite falaise ébouleuse de 1 mètre environ de hauteur, qui domine la mangrove interne.

3°) En face du village d'Andrekareka, sur la côte orientale de Nosy Bé, nous avons observé des témoins d'un récif corallien fossile, sous la forme de grandes dalles et de têtes de nègres enracinées qui montent

jusqu'à 80 centimètres au-dessus du platier corallien actuel. Ces témoins qui sont favorables à l'hypothèse d'un abaissement récent du niveau de la mer de l'ordre de quelques dizaines de centimètres, sont actuellement en voie de réduction rapide par la corrosion.

L'hypothèse d'un stationnement marin récent un peu au-dessus du niveau marin actuel, suivi d'une légère régression, rendrait aussi parfaitement compte des différentes phases de la genèse du delta du Sambirano, et de l'existence de coraux morts sous la vase dans la partie interne de l'anse d'Hellville.

CONCLUSION

LES CONDITIONS GENERALES DE L'EROSION ET DE LA SEDIMENTATION

La région littorale étudiée au cours de notre mission dans le nord-ouest malgache présente tous les caractères d'une côte de submersion. Cela s'explique par la tendance générale à la subsidence de la bordure côtière dans la région du bas Sambirano. Mais aussi, et surtout, l'ennoiement du relief continental par la mer est dû à la transgression flandrienne, transgression de caractère eustatique, donc universelle, dont la réalité a été reconnue maintenant sur presque tous les rivages du monde.

L'entaille faible du relief côtier, pourtant souvent accore, par l'érosion marine, et la rareté des hautes falaises vraies en roche dure s'expliquent non pas tellement, croyons-nous, par la rapidité et le caractère récent de la transgression flandrienne, que par les conditions particulières de l'érosion marine le long de ce secteur du littoral malgache.

Lorsque l'on parle d'érosion marine, il faut distinguer l'érosion mécanique d'une part, la corrosion (érosion chimique + érosion biologique) d'autre part.

L'érosion mécanique de la mer est peu active dans la région étudiée, et donne lieu à peu de formes spectaculaires. La raison en est d'abord la faiblesse de la houle, en dehors du passage occasionnel de cyclones. D'autre part, le récif corallien frangeant constitue un rempart protecteur en avant du rivage. Enfin, les mangroves externes, sur sable, sur galets, ou même parfois sur la roche en place, brisent en beaucoup d'endroits les vagues avant qu'elles n'atteignent la laisse de haute mer. Dans de nombreux cas, les pentes continentales se continuent jusqu'aux environs du niveau des plus hautes mers, l'encoche littorale étant alors inexistante, ou insignifiante (fausses falaises de la baie d'Ampasindava, rivages du Lokobe et de Nosy Komba). Dans de rares cas, on observe de véritables falaises qui reculent par éboulements dans des matériaux meubles (falaises d'une dizaine de mètres de hauteur dans les cendres volcaniques de Tanikely et de la baie d'Andovokonko ; falaises de quelques mètres de hauteur dans les argiles latéritiques de la baie d'Ambavatoby).

La corrosion est le processus essentiel d'attaque de la roche saine le long du rivage, principalement dans les basaltes (Nosy-Bé) et dans les croûtes latéritiques d'origine basaltique (Nosy Faly et la presqu'île d'Ambato). Elle détermine une morphologie particulière des estrans, avec individualisation d'un ressaut de mi-marée parfois en encorbellement, d'une plateforme de haute mer, et d'une falaise de haute mer

qui évolue par corrosion et éboulements. Cette morphologie est la plus courante le long des rivages de Nosy-Bé (à l'exception du Lokobe) et de la presqu'île d'Ambato.

La corrosion fournit peu de blocs pouvant servir de matériaux de projection aux vagues. C'est une raison supplémentaire de la faible action de l'érosion mécanique sur ces secteurs du littoral.

Les facteurs que nous avons énumérés et qui sont défavorables à l'érosion mécanique de la mer (rareté des grandes houles, protection constituée par le récif frangeant, peuplements de palétuviers) favorisent, au contraire, la sédimentation et le colmatage littoral. Les matériaux qui contribuent au colmatage littoral ont une origine corallienne (surtout blocs et sables des cordons), fluviatile (surtout sables et argiles qui contribuent à engraisser les vasières des mangroves) ou bien proviennent du recul des falaises marines.

La régularisation du rivage par colmatage des rentrants en est encore au stade de jeunesse, ce qui s'explique le mieux par l'âge relativement récent et la rapidité relative de la transgression flandrienne.

Dans les secteurs du littoral exposés à la houle du nord-ouest, les mangroves sur sable ou sur vase n'existent qu'en arrière et à l'abri de cordons de sable le plus souvent arqués entre deux pointes. Dans les secteurs du littoral abrités de la houle du large, il est fréquent, au contraire, que la mangrove sur sable ou sur vase progresse sans la protection d'un cordon, par exemple sur la côte orientale de Nosy-Bé, dans le sud de la baie d'Ampasindava et sur le front du delta du Sambirano, enfin dans la baie d'Ambavatoby.

L'importance et la rapidité des phénomènes de colmatage littoral dans cette région de Madagascar sont en rapport avec l'intensité de l'érosion continentale, fonction du relief, du climat, et de la dégradation de la végétation primaire par l'homme. Une grande partie des matériaux arrachés aux collines et aux montagnes sont transportés par les fleuves et les rivières jusqu'à la mer, où ils sont repris par les courants et par la dérive littorale.

On ne possède pas encore de données précises concernant le volume moyen de matériaux enlevés chaque année à l'ensemble du bassin du Sambirano et transportés à la mer ou dans le delta. Des estimations ont été tentées pour d'autres bassins hydrographiques de Madagascar, basées sur les mesures de débit solide des fleuves. Ainsi l'ingénieur Crouzet a calculé que dans certaines parties du bassin de la Betsiboka, et particulièrement dans les zones de micaschistes, l'érosion enlevait en moyenne chaque année l'équivalent d'une pellicule de terrain de 1 centimètre d'épaisseur, ce qui est considérable.

Dans la région qui nous intéresse, et qui correspond au rétrécissement maximum du bassin sédimentaire du nord-ouest, l'érosion subaérienne a une intensité certainement considérable, surtout dans les

régions de collines latéritiques récemment déboisées. L'aspect extrêmement disséqué du relief et les débits solides importants des rivières à la saison des pluies (pour lesquels on ne possède malheureusement pas de chiffres précis), en sont les principaux indices. La masse du relief continental offerte à l'action érosive des rivières dans cette partie de Madagascar est particulièrement importante. 75,3% de la surface totale du bassin du Sambirano se trouve au dessus de la courbe hypsométrique de 500 mètres. Le sommet du Tsaratanana (2.886 mètres) est à 100 kilomètres seulement de la mer, et celui du Manongarivo (1.887 mètres) à 35 kilomètres. A l'exception d'étroites plaines de niveau de base flandriennes dont le delta du Sambirano est le principal exemple, les régions littorales sont elles-mêmes montagneuses.

Les conditions climatiques chaudes et humides déterminent une décomposition en profondeur d'un grand nombre de roches, dont les basaltes, les grès, les rhyolites, les schistes. D'autres roches, comme les syénites des massifs intrusifs de la région côtière, résistent mieux. Cette décomposition de type latéritique de la roche en place sur des épaisseurs qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres, est un phénomène essentiel dans la génèse du relief. Quelle que soit la dureté de la roche originelle, si celle-ci est altérée et décomposée, l'érosion travaille de toutes façons dans un matériel argileux ou argilo-sableux meuble. Les talwegs s'enfoncent facilement et l'évolution des versants est infiniment plus rapide que dans la roche-mère saine, qui n'apparait que rarement en affleurement.

L'érosion différentielle s'exerce principalement entre les roches sédimentaires et volcaniques généralement plus sensibles à l'altération latéritique, et certaines roches éruptives, dont les syénites, qui résistent mieux à cette altération. D'où la mise en saillie des principaux massifs éruptifs et intrusifs, constitués par des roches généralement moins altérables que celles qui constituent leur pourtour.

Les sondages d'Ambanja sont favorables à l'hypothèse de la formation de la quasi totalité du delta du Sambirano dans le temps très court du Flandrien supérieur tout au moins, si le corail ancien trouvé en profondeur est bien d'âge flandrien. C'est une illustration de l'intensité de l'érosion continentale dans cette partie de Madagascar : les sédiments constituant le delta représentent, en effet, un volume compris entre 3,5 kilomètres carrés (chiffre minimum) et 6,3 kilomètres carrés (chiffre maximum). C'est aussi un bel exemple de l'extraordinaire dynamisme des deltas, dont la croissance rapide se produit actuellement sous nos yeux.

La jeunesse des récifs frangeants de la région de Nosy-Bé déjà remarquée par A. Guilcher (1956) est une conséquence de la rapidité (relative) de la remontée du niveau de la mer au cours de la transgression flandrienne. Dans le cas de pentes continentales préflandriennes

relativement fortes, comme à Nosy Komba, au Lokobe, ou à Ankify, le récif n'a pas eu le temps de se développer en largeur. Parfois, il n'existe même pas de platier corallien (façade sud du Lokobe, façade orientale de Nosy Komba). Sur les façades de Nosy-Komba et d'Ankify exposées au talio la jeunesse du récif corallien se manifeste par l'absence presque généralisée d'ébauche de chenal d'embarcation et d'exutoires de marée.

Le volume et l'épaisseur des édifications coralliennes (mortes ou vivantes) semblent dans tous les cas très faibles, qu'il s'agisse du revêtement d'une pente précorallienne peu accentuée (récifs de la côte ouest de Nosy-Bé) ou d'un récif accroché à un relief préflandrien abrupt (Nosy Komba, Ankify).

La rapidité de la transgression flandrienne et la raideur fréquente des reliefs précoralliens qui servent de socle n'expliquent pas tous les caractères morphologiques des récifs de la région de Nosy Bé. La transgression flandrienne a sans doute été aussi rapide sur la côte sud-ouest de Madagascar, où existent pourtant des platiers coralliens souvent gigantesques, larges de plusieurs kilomètres. Le platier d'un récif ne s'agrandit pas en effet uniquement par croissance du corail, mais aussi et surtout par accumulation et cimentation, en arrière de la partie vivante, des éléments détritiques arrachés au bioherme externe par la houle. Les récifs de la côte sud-ouest de Madagascar, comme ceux de la côte est, doivent l'ampleur de leurs platiers et le développement de leur crête détritique externe à l'action d'une houle puissante. C'est à la rareté des fortes houles qu'il faut attribuer l'absence ou le faible développement de la crête détritique externe des récifs frangeants de la région de Nosy-Bé, et en partie aussi la largeur relativement minime des platiers par rapport à ceux d'autres régions de Madagascar.

ANNEXE

ANALYSES GRANULOMETRIQUES

I — Sables de la haute plage prélevés aux environs du niveau des hautes mers moyennes

Les sables de la partie supérieure de la plage qui ont été étudiés présentent généralement un triage poussé, et sont très homométriques. La plupart des échantillons présentent un seul maximum (56, 66, 50, 16). Deux échantillons seulement présentent un maximum secondaire très peu marqué (67 et 71). Les maxima principaux se trouvent pour quatre des échantillons (71, 67, 16, et 50) entre 300 μ et 500 μ. La fraction granulométrique correspondant au maximum principal est constituée en majorité par des débris de coquilles et de corail roulés, mélangés dans 71 et 50 à de fins débris basaltiques.

L'échantillon 66 est un sable de haut de plage très fin (maximum entre 100 μ et 200 μ) constitué aussi en majeure partie par de fins débris calcaires.

II — Sédiments de la partie moyenne et inférieure de l'estran (Herbier, crête détritique externe, etc...)

Les sédiments sableux prélevés dans la partie inférieure des estrans sont généralement très hétérométriques. En ce qui concerne les sables d'herbier (88, 86, 85), cette hétérométrie tient en partie à la présence d'une forte proportion de débris de coquilles et de corail peu ou pas roulés. Des coquilles de Lamellibranches entières existent souvent dans le sédiment. Il faut remarquer que les hautes plages comportent aussi fréquemment de nombreuses coquilles entières ou brisées ; mais ces dernières ont généralement subi un tri par le ressac, et sont disposées en amas bien individualisés. Dans la zone de l'herbier, au contraire, les débris coquilliers de toutes tailles se trouvent en mélange avec les autres constituants du sédiment.

L'échantillon 113, prélevé sur le banc F de la baie d'Ambavatoby, à moins 1 mètre environ, présente des caractères analogues au point de vue de sa composition et de sa granulométrie (extrême hétérométrie).

L'échantillon 134, prélevé dans la zone intertidale un peu au-dessus du niveau des basses mers de vives eaux, sur l'accumulation sableuse en éventail située en face de la bouche principale nord du Sambirano, est surtout intéressant à comparer avec l'échantillon 113. Cette compa-

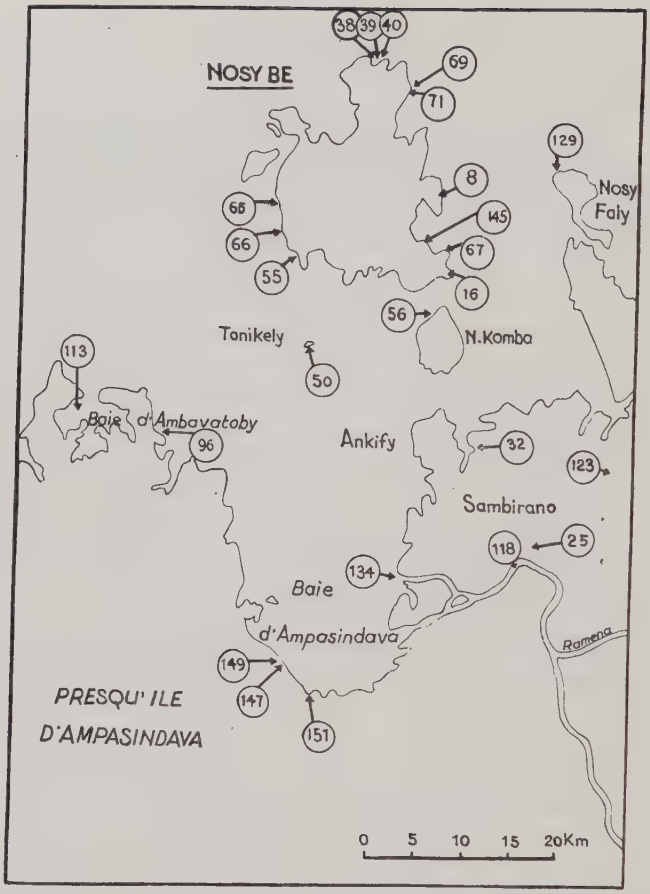


Fig. 78. — Localisation des prélèvements des sédiments étudiés au point de vue granulométrique.

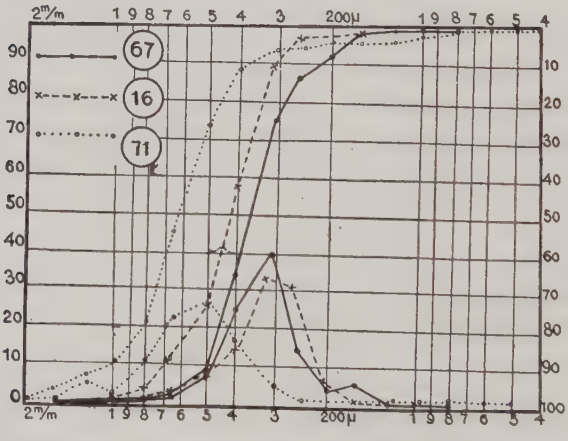


Fig. 79. — 67 : Sable de la haute plage d'Ampandoma. 16 : Sable de la haute plage de Tafondro. 71 : Sable de la haute plage d'Ankalampobe.

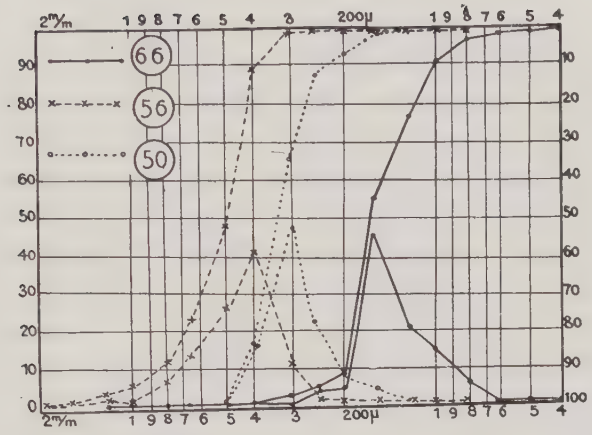


Fig. 80. — 66 : Sable de la haute plage d'Ambondro. 56 : Sable de la haute plage d'Ambarionaomby. 50 : Sable de la haute plage de la flèche sous le vent de Tanikely.

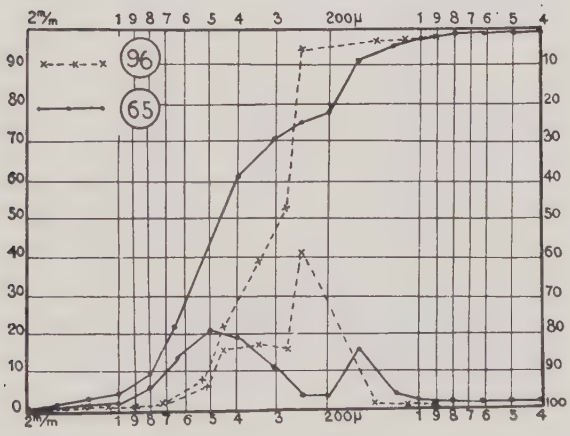


Fig. 81. — 96 : Sable de la partie interne de l'herbier d'Ampasimena. 65 : Sable de l'herbier de Dzamandzar prélevé à 20 centimètres environ au-dessus du niveau des basses mers de vive-eau.

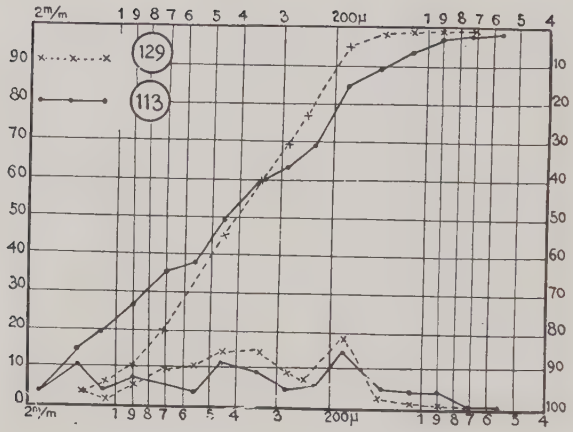


Fig. 82. — 129 : Sable de l'herbier de Nosy Faly prélevé à 50 centimètres environ au-dessus du niveau des basses mers de vive eau. 113 : Sable coquillier du banc de 0, 9 mètre (récif Dalrymphe ou récif F de la carte morphologique) dans la baie d'Ambavatoby.

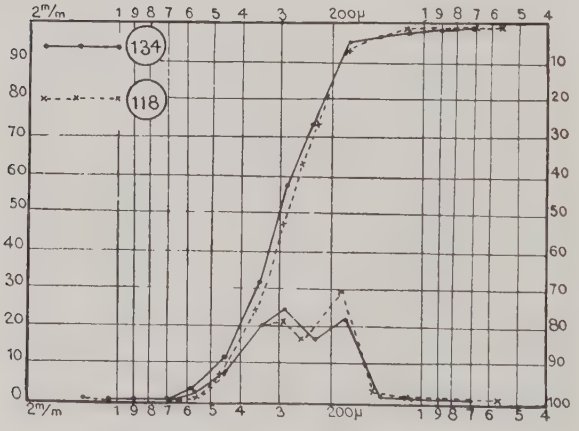


Fig. 83. — 134 : Sable de l'accumulation sableuse en éventail située en face de la bouche nord du Sambirano; prélèvement un peu au-dessus du niveau des basses mers de vive eau. 118 : Sable du lit mineur du Sambirano à Ambanja.

raison indique que le matériel sableux de l'estran en face de cette bouche du fleuve a probablement une origine fluviatile.

III — Comparaison de trois prélèvements effectués a différentes hauteurs de l'estran d'ampanasina

Ces échantillons présentent tous les trois un seul maximum. Exceptionnellement ici le sable de l'herbier ne présente pas une hétérométrie plus marquée que le sable de la haute plage. La comparaison des courbes met surtout en évidence l'existence d'un zone de sédimentation plus fine au niveau de mi-marée (maximum à 80 μ) entre les sédiments plus grossiers de l'herbier (maximum entre 300 μ et 400 μ) et ceux de la haute plage (entre 300 μ et 200 μ).

IV — Sable du lit mineur du Sambirano a Ambanja

Cette courbe à deux maxima est intéressante à comparer avec celle de l'échantillon 134, prélevé en face de la bouche nord du Sambirano. Les deux courbes se superposent presque parfaitement. Dans les deux cas le matériel est le même, et principalement quartzeux. Il semble donc que le delta sableux qui s'étale en face de cette bouche du fleuve dans la zone intertidale doive fort peu à l'action de la mer. Cette dernière n'a que peu ou pas remanié et trié les sédiments apportés par les crues du fleuve Sambirano qui s'étalent sur le front du delta en cet endroit.

V — Sable formé par décomposition sur place des grès de l'Isalo

Ce sédiment est très hétérométrique, constitué par une majorité de grains de quartz en lits de quelques centimètres d'épaisseur, et de granulométrie différente, à stratification fluviatile typique.

L'hétérométrie provient peut-être en partie de la difficulté qu'il y a à faire le prélèvement dans un seul de ces lits.

VI — Sables marins fossilifères entre 15,10 m et 16,7 m de profondeur dans le sondage n° 3 d'ambanja et entre 10,20 m et 13,50 m dans le sondage n° 2 d'Antsahampano

Ces sables qui contiennent des débris de corail et de coquilles marines font penser, par leur hétérométrie caractéristique, à des sables

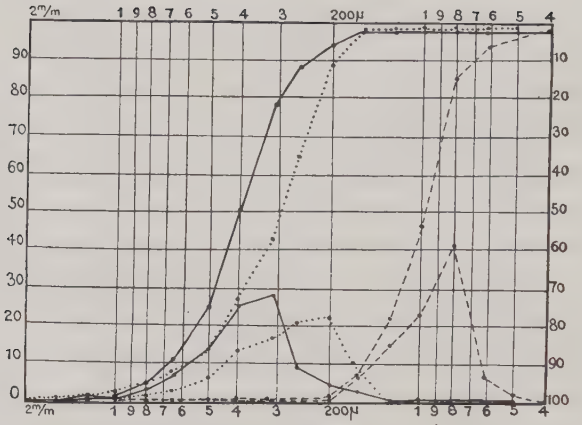


Fig. 84. — Courbes granulométriques de trois échantillons sableux prélevés à trois hauteurs différentes de l'estran d'Ampanasina. En pointillé : échantillon n° 39 prélevé sur la haute plage au niveau des hautes mers moyennes. En trait continu : échantillon n° 38 prélevé sur l'herbier à Cymodocées au niveau des basses mers moyennes. En tireté : échantillon n° 40 prélevé au niveau de mi-marée entre l'herbier et la haute plage.

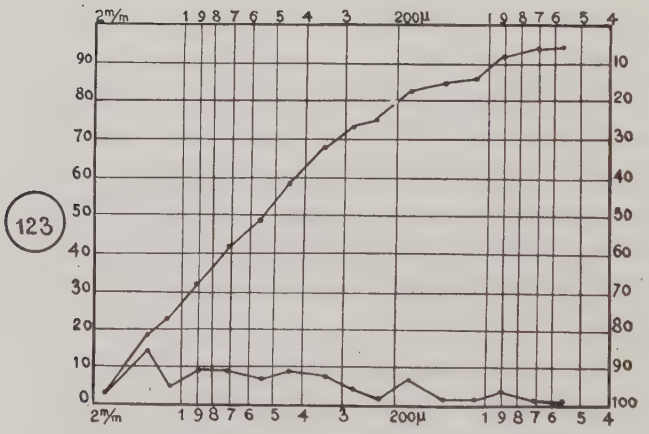


Fig. 85. — Sable formé par décomposition sur place des grès de l'Isalo. Prélèvement n° 123 effectué au kilomètre 211 sur la route de Diégo-Suarez.

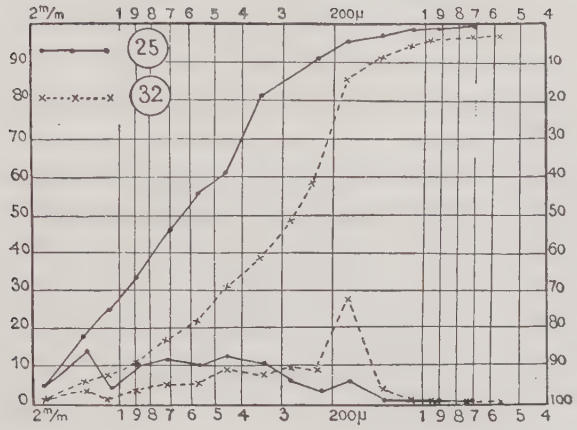


Fig. 86. — 25 : Sable marin à débris coquilliers et coralliens du sondage n° 3 d'Ambanja entre 10,20 mètres et 13,50 mètres de profondeur. 32 : Sable marin à débris coquilliers et coralliens du sondage n° 2 d'Antsahampana entre 10,20 mètres et 13,50 mètres de profondeur.

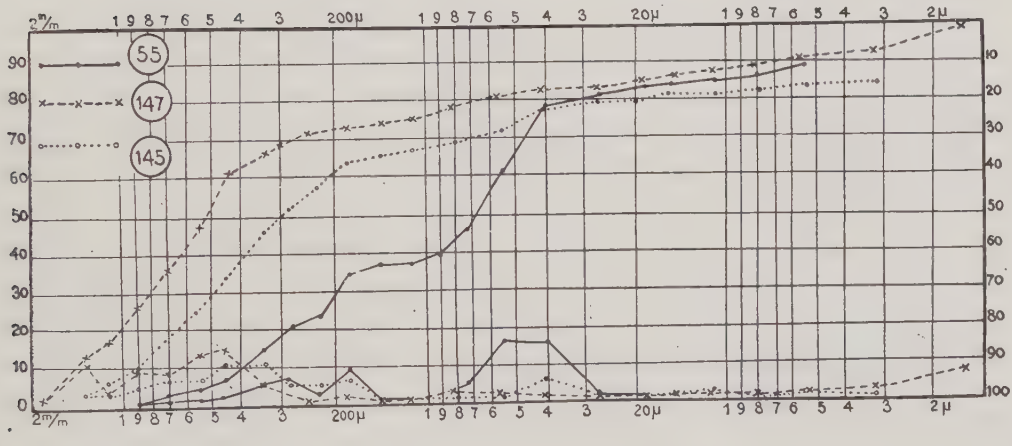


Fig. 87. — 55 : Sédiment de la mangrove de Mahatsinjo (Nosy Bé). 147 : Sédiment de la mangrove interne d'Ampasimbitika. 145 : Sédiment de la mangrove interne d'Ambatozavavy (Nosy Bé).

typiques d'herbier. En plus des éléments calcaires l'échantillon 25 en provenance d'Ambanja contient aussi des grains de quartz qui semblent provenir des grès de l'Isalo décomposés, qui affleurent à proximité, et constituent la base du carottage au-dessous de 18,65 mètres de profondeur.

VII — Sédiments de mangroves internes

Tous les prélèvements dont nous donnons ici les courbes granulométriques ont été effectués dans des parties des mangroves abritées du ressac, en arrière de cordons sableux. Il s'agit uniquement en effet de sédiments de mangroves internes. Cependant ce qui caractérise ces sédiments, c'est surtout l'importance de la fraction sableuse (entre 2 millimètres et 0,02 millimètre) par rapport à la fraction inférieure à 0,02 millimètre (poudres jusqu'à 0,001 millimètre ; précolloïdes au-dessous de 0,0001 millimètre).

La partie fine, non sableuse, inférieure à 20 μ (0,02 millimètre) représente seulement 33,68% du sédiment global dans le cas de l'échantillon n° 69, et 20,45% dans le cas de l'échantillon n° 145. Elle est de 17,64% pour le n° 55, de 16,04% pour le n° 147, et de 6,81% pour le n° 151.

Plutôt que de vases de mangrove, il s'agit donc la plupart du temps de sables vasards. La fraction sableuse elle-même présente de grandes différences selon les prélèvements. Dans le cas de l'échantillon n° 151, l'essentiel du sédiment est constitué par du sable fin (entre 100 μ et 500 μ). Dans le cas de l'échantillon n° 55, c'est la fraction sablon (entre 20 μ et 100 μ) qui a la plus grande importance. Dans tous les cas la fraction sableuse est hétérométrique (3 maxima compris entre 20 μ et 500 μ dans le cas de l'échantillon n° 55), ce qui peut s'expliquer par une origine proche des sables, issus sans doute des falaises latéritiques voisines. Ce matériel sableux présente peu de traces de façonnement marin ou fluviatile, et dans la plupart des cas il est franchement anguleux, ce qui est en faveur d'une origine locale.

Il est difficile de dire si la fraction fine (inférieure à 20 μ) a une origine locale ou lointaine. Il est probable qu'une partie provient directement des argiles latéritiques des falaises voisines. Cela expliquerait peut-être le pourcentage relativement élevé de cette fraction fine (33,68%) dans le cas du prélèvement n° 69, effectué à Ankalampobe où dominent les latérites de décomposition de basaltes qui donnent peu ou pas de matériaux sableux, et beaucoup d'argiles. Mais une autre partie provient vraisemblablement d'un capital commun de particules fines d'origine plus ou moins lointaine, amenées à la mer par les rivières en crue ou arrachées aux falaises marines par les tempêtes.

et qui se déposent à chaque marée sur les vasières. Des analyses chimiques permettraient dans doute de mieux aborder ce problème.

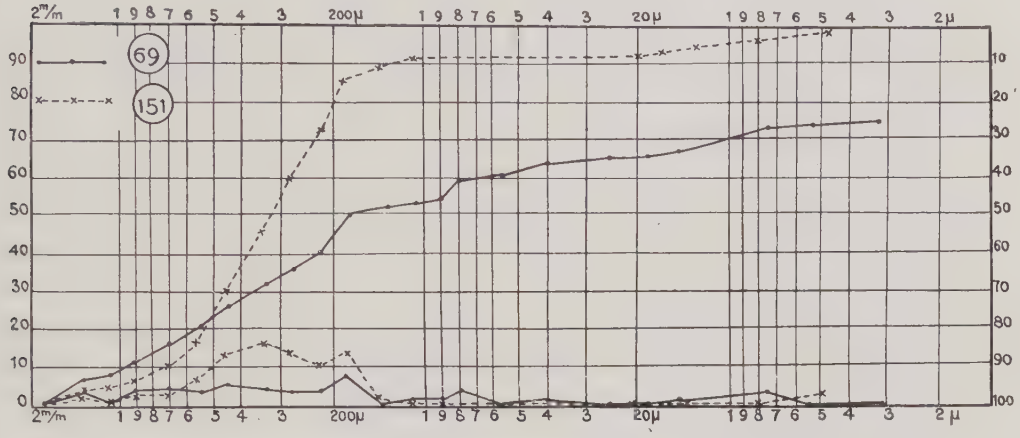


Fig. 88. — 69 : Sédiment de la mangrove interne d'Ankalampobe (Nosy Bé). 151 : Sédiment de la mangrove de la rivière Joja près d'Ankatafa.

VIII — Latérites

L'échantillon n° 149 est une latérite sur granite prélevée à 500 mètres environ du village d'Ampasimbitika. La fraction sableuse a une certaine importance (environ 40% du poids total). Les fractions comprises entre 1 millimètre et 0,5 millimètre (sables moyens) et entre

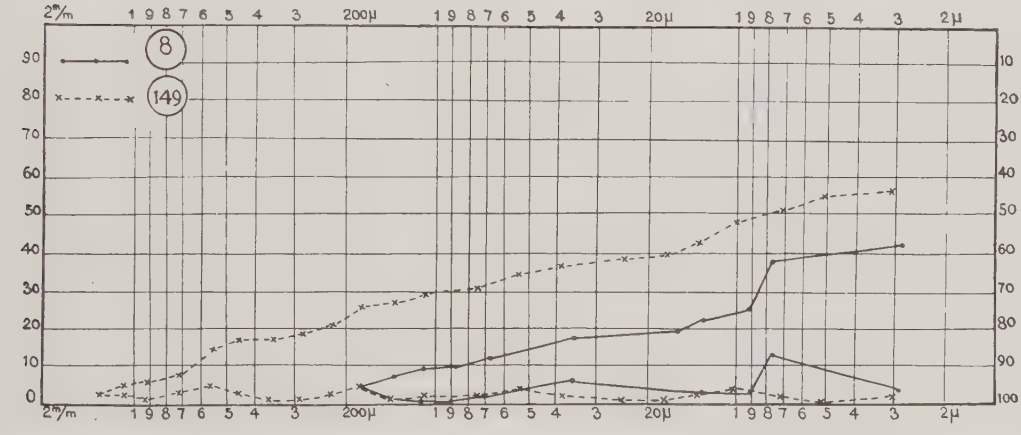


Fig. 89. — 8 : Latérite rouge sur basalte à Andrekareka (côte orientale de Nosy Bé.) 149 : Latérite sur granite à Ampasimbitika.

0,5 millimètre et 0,01 millimètre (sables fins) sont surtout constituées par des quartz.

D'autres latérites résultant de la décomposition de granites et de syénites, que nous avons étudiées, mais dont nous ne donnons pas ici les courbes granulométriques, présentent les mêmes caractéristiques, la fraction sable pouvant dans certains cas atteindre jusqu'à 65% du poids total.

L'échantillon n° 8 qui est une latérite rouge de décomposition de basalte, montre au contraire une faible importance de la fraction supérieure à 16 μ (17,8%). La plus grande partie de l'échantillon est donc constituée par des particules de la taille des poudres, précolloïdes et colloïdes. Il reste encore 62,15% du poids total au dessous de 2,9 μ.

Les latérites sur granite ou sur syénite peuvent fournir des matériaux de la taille des sables aux plages. Il n'en est pas de même pour les latérites sur basalte, qui fournissent surtout en abondance des particules fines qui n'entrent pas dans la construction des cordons littoraux, mais participent surtout à la sédimentation dans les fonds sous-marins et dans les parties abritées des mangroves internes.

BIBLIOGRAPHIE

Barrabé (L.), 1929. — Contribution à l'étude stratigraphique et pétrographique de la partie médiane des Pays Sakalava. — *Mém. Soc. Géol.Fr.*, nlle série, 5, mém. 12, 269 p., 10 pl.

Battistini (R.), 1957. — La zonation de l'estran dans les grès littoraux au cap Mandevitse, près de Morombe (Côte Sud-Ouest de Madagascar). — *Mémoires Inst. Scient. de Madagascar*, Série D, VIII.

— 1957. — Note préliminaire sur le niveau marin de 3 mètres et les séries dunaires de l'extrême Sud de Madagascar. — *Bull. Soc. Géol. de France*, 6e série, VII, p. 83 à 90, 3 fig., 1 pl.

— 1957. — Sur l'existence d'un récif corallien fossile à l'embouchure de la Menarandra (Côte Sud de Madagascar). — *C.R. somm. Soc. Géol. de France*, nº 13, séance du 4 Nov., p. 264.

Berthois (L.), 1950. — Méthode d'étude des galets. Applications à l'étude de l'évolution des galets actuels. — *Rev. Géomorph. dynam.* (Paris), 1, p. 199-225.

— 1952. — Abaques pour le calcul des indices des galets. — *Rev. Géomorph. dynam.* (Paris), 3, p. 199-205.

— 1954. — Construction d'une carte des vagues. — *Rev. Géomorph. dynam.* (Paris), 5, p. 69-75.

Berthois (L.) et Guilcher (A.), 1956. — La plaine d'Ambilobe (Madagascar). Étude morphologique et sédimentologique. — *Rev. Géomorph. dynam.*, nº 3-4, mars-avril 1956.

Bésairie (H.), 1936. — Recherches géologiques à Madagascar. La géologie du nord-ouest. — *Mém. Acad. Malgache*, Tananarive, 21, 1936, 258 p.

— 1954. — Documents pour le géographie de Madagascar. — *Travaux du Bureau Géologique*, nº 54, Tananarive.

— 1957. — La géologie de Madagascar. — *Publication du Service Géologique de Tananarive.*

Cailleux (A.), 1945. — Distinction des galets marins et fluviatiles. — *Bull. Soc. Géol. de France* (Paris), (5) XV, p. 375-404.

Cloud (Preston J.), 1952. — Preliminary report on geology and marine environments of Onotoa Atoll, Gilbert Islands. — *Atoll Research Bull.* (Washington), nº 12, 73 p.

Daly (R.A.), 1934. — The changing world of the Ice Age. — New Haven, Yale Univ. Press, 271 p.

Decary (R.), 1924. — Notes géologiques sur la région de Diego-Suarez. — *Bull. Acad. Malgache*, Tananarive, 6, 1922-1923 (1924), p. 43-62.

— 1927. — Les vallées submergées de la Côte nord-ouest de Madagascar. — *C.R. Soc. Géol. de France*, 1927, p. 90-91.

— 1935. — Sur le soulèvement récent du littoral de l'Androy (sud de Madagascar). — *C.R. Somm. Soc. Géol. de France*, 1935, p. 255-257.

Fairbridge (Rh. W.) 1952. — Multiple stands of the sea in post-glacial times. — *Seventh Pacific Science Congress*, 3, 3 p.

Fairbridge (Rh. W.) et Gill (E. D.), 1947. — The study of eustatic changes of sea level. — *Austral. J. Sc.*, 10, 3, p. 63-67.

Fichot (E.), 1902. — Les côtes de Madagascar. — *Rev. Marit.*, 153, juin 1902, p. 1017-1036.

Gautier (E. F.), 1902. — Madagascar. Essai de géographie physique. — Thèse Lettres, Paris, 1902.

Ginsburg (R. N.), 1953. — Beach-rock in South Florida. — *J. Sed. Petrol.*, 23, p. 85-92.

Guilcher (A.), 1953. — Essai sur la zonation et la distribution des formes littorales de dissolution du calcaire. — *Ann. de Géogr.*, 62, p. 161-179.
— 1954. — Les récifs coralliens du nord-ouest de Madagascar. Note préliminaire. — *Bull. A.G.F.*, nov.-déc. 1954.
— 1956. — Étude géomorphologique des récifs coralliens du nord-ouest de Madagascar. — *Ann. Inst. Océan.*, XXXIII, 2, 136 p., 23 fig., 8 pl.

Herland. 1854. — Études sur les volcans de Nossy-Bé. — *Nouv. Ann. Coloniales.*
— 1855. — Essai sur la géologie de Nosy-Bé. — *Ann. des Mines*, (5) VIII, p. 335-363.
— 1856. — Essai sur la topographie de Nossi-Bé (Côte ouest de Madagascar) sur la constitution géologique et la source d'eau minérale qu'on y a découverte. — *Revue Coloniale*, (2) XV, avril 1856, p. 309-334. Carte géol. en couleurs.

Jodot (P.), 1952. — Peuplement de Madagascar et des archipels voisins par les Mollusques continentaux, leur liaison avec la classification du quaternaire. — *Mémoires Inst. Scient. de Madagascar*, série D, IV, 2.

Johnson (D.W.), 1919. — Shore processes and shoreline development. — New-York, 584 p.

Jumelle (V.H.) et Perrier (H.), 1910. — Les Landolphia et les Mascarenhasia du nord de l'Analava. — Challamel, éd.
— 1911. — Les plantes à caoutchouc du nord de Madagascar. — Challamel, éd.

Kuenen (Ph.H.), 1933. — Geology of coral reefs. — *Snellius Exped. in the Eastern part of the Netherl. East Indies*, 1929-30, V, 2, Utrecht, 126 p.

Lacroix (A.), 1922-1923. — Minéralogie de Madagascar. — Paris, 3 vol. in 4°.

Lemoine (P.), 1906. — Études géologiques dans le nord de Madagascar. Thèse Sciences, Paris. — Bigot Frères, Lille.

Munk (W. H.) et Sargent (M. C.), 1954. — Adjustment of Bikini atoll to Ocean waves. — *Geol. Surv., Prof. Paper* 260 C, Washington, p. 275-280 (et *Trans. Amer Geophys. Un.*, 29, 1948, p. 855-860).

Nesteroff (V.), 1954. — Sur la formation des grès de plage ou beach rock en Mer Rouge. — *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 238, 28 juin 1954, p. 2547-2548.

Newell (Norman D.), 1954. — Reefs and sedimentary processes of Raroia. — *Atoll Research Bull.* (Washington), n° 36 ; 35 p.

Perrier de la Bathie (H.), 1921. — La végétation malgache. — Paris.
— 1933. — Végétation, sols et cultures de trois îles de la côte nord-ouest de Madagascar. — *Rev. Bot. appliq. Agr. trop.*, XIII, n° 140, p. 313-319 et 409-415.
— 1936. — Biogéographie des plantes de Madagascar. — Paris, 156 p.

Ranson (G.), 1955. — La consolidation des sédiments calcaires dans les régions tropicales. — *C.R. Ac. Sc.* (Paris, 240, 17 janvier et 5 février, p. 329-331 et 640-642.

Ravet (J.), 1948. — Atlas climatologique de Madagascar. — *Publ. du Service Météorologique de Madagascar*, n° 10, Tananarive, 95 p.
— 1949. — Statistique du vent au sol à Madagascar, aux Comores et à la Réunion. — *Ibid.*, n° 17, 80 p.

Saint-Ours (J. de), 1956. — Prospection de la province pétrographique d'Ampasindava.— *Travaux du Bureau Géologique*, n° 75, Tananarive.

Ségalen (P.), 1956. — Etude des sols de la plaine du Bas-Sambirano. — *Mém. Inst. Scient. Madagascar*, Série D, VII, p. 375.

Velain, 1876. — Étude microscopique des roches volcaniques de Nossi-Bé. — *C. R. Ac. Sc.*, 1876, p. 1206.
— 1877. — L'île de Nossy-Bé, près Madagascar. — *La Nature*, p. 23-26 et 55-58 (croquis de volcans).

VERGER (F.) 1954. — Sur la morphologie et le colmatage de l'anse de l'Aiguillon. — *C. R. Ac. Sc.* Paris, 238, p. 2248-2250, séance du 9 juin.

— 1956. — Quelques remarques sur la formation et le relief des schorres. — *Bull. Assoc. Géogr. français.*, nº 259-260.

VERSTAPPEN (H. T.), 1933. — Djakarta Bay, a geomorphological study on shoreline development. — Thèse Sciences, Utrecht, 101 p.

VOELTZKOW (A.), 1905. — Berichte über eine Reise... Riffe und Inseln der Westlichen Indischen Ozeans. VI : Madagaskar. — *Zeitsch. Ges. Erdk. Berlin*, p. 89-119, 184-211, 285-296.

WENTWORTH (C. K.), 1938-1939. — Marine beach-forming processes. I, Water-level weathering : *Journ. of Geomorphol.*, I, 1938, p. 5-32 ; II, Solution beaching : *Ibid.*, II, 1939, p. 3-25.

Achevé d'imprimer le 15 Mai 1961

Printed in France. *Le Directeur-Gérant :* Prof. E. Séguy.

PIERRE ANDRÉ, IMP., 244 BOULEVARD RASPAIL, PARIS 14.
Dépot légal : 2e trimestre 1961.

Instructions à nos Collaborateurs

La Direction des *Mémoires de l'Institut scientifique de Madagascar* tient à la disposition de ses collaborateurs une notice détaillée relative à la préparation de leurs manuscrits.

Nous indiquons seulement ici que ceux-ci, rédigés en français ou, éventuellement, en anglais, doivent être dactylographiés sur une seule face, avec double interligne et marge suffisante. Ils doivent être définitifs, et ne porter aucune indication typographique. La Direction sera dans l'obligation de refuser les manuscrits qui ne rempliraient pas ces conditions et ne pourra accepter aucun remaniement de texte sur épreuves.

Désirant que l'illustration des *Mémoires* soit abondante et soignée, elle prend à sa charge les clichés au trait et les planches hors-texte en simili ou en phototypie, pour lesquels elle s'efforcera de donner toute satisfaction aux auteurs. Elle est en outre disposée à étudier, dans certains cas particuliers, l'opportunité d'exécuter des planches en couleur.

Les collaborateurs sont assurés de recevoir gratuitement 25 exemplaires tirés à part. Ils pourront en commander en supplément, à leurs frais.

***

Le Naturaliste Malgache

Sous ce titre, le Parc zoologique et botanique de Tananarive publie un périodique semestriel de documentation et de liaison entre tous ceux qui, dans la Grande Ile, s'intéressent aux choses de la nature. Ce périodique peut être envoyé sur demande hors de Madagascar, au prix de 1.000 francs C.F.A. par volume, frais de port en plus pour l'Etranger.

***

Envois à l'Institut

L'Institut scientifique de Madagascar recevra avec reconnaissance tous les envois que l'on voudra bien lui faire, de plantes, d'animaux vivants ou conservés, ainsi que de tous documents d'Histoire naturelle ou d'Ethnographie malgache dont le lieu d'origine sera connu.

L'Institut est, cela va de soi, prêt à prendre en charge les frais d'envoi, et, éventuellement, de récolte. Adresser la correspondance à ce sujet à l'Institut de Recherche scientifique, Boîte Postale 434, Tananarive, Madagascar.

SOMMAIRE

HUMES (A. G.) et CRESSEY (R. F.). — Copépodes Taeniacanthides parasites d'un Oursin à Madagascar (78 fig.) 1

HUMES (A. G.) et CRESSEY (R. F.). — Copépodes Cyclopoïdes du genre *Preherrmannella* parasites d'Holothuries et d'un Oursin à Madagascar (157 fig.) 25

HUMES (A. G.) et CRESSEY (R. F.). — Deux nouvelles espèces de *Pseudanthessius* (COPEPODA CYCLOPOÏDA) parasites des Oursins à Madagascar (56 fig.) 67

HUMES (A. G.) et CRESSEY (R. F.). — *Lichomolgus oreastriphilus* (Kossmann) Copépode Cyclopoïde parasite des Etoiles de Mer à Madagascar (31 fig.) 83

BARNARD (K. H.). — Isopoda parasitic on Madagascar Fish (2 fig.) 93

GUINOT-DUMORTIER (D.). — Les espèces indopacifiques du genre *Globopilumnus* (CRUSTACEA BRACHYURA XANTHIDAE) (14 fig.) 97

BATTISTINI (R.). — Description géomorphologique de Nosy-Bé, du Delta du Sambirano et de la Baie d'Ampasindava (Pl. I à XXI, 89 fig.). 121

PIERRE ANDRÉ, Imp.
244, Boulevard Raspail,
PARIS
O. P. L. 40.0077

Dépôt légal, 4e Trimestre 1960.